

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE MEDICINA
DEPARTAMENTO DE TOXICOLOGÍA Y LEGISLACIÓN
SANITARIA



TESIS DOCTORAL

**Efecto del alcohol etílico en la conducción de vehículos
a motor, dentro de la normativa vigente, con especial
referencia al sistema visual**

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTORA

PRESENTADA POR

Ángeles Nuria Guisández Jiménez

DIRECTORES

María José Anadón Baselga
Matilde Zaballos García

Madrid, 2017

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE MEDICINA

DEPARTAMENTO DE TOXICOLOGÍA Y LEGISLACIÓN SANITARIA



**EFFECTO DEL ALCOHOL ETÍLICO EN LA CONDUCCIÓN
DE VEHÍCULOS A MOTOR, DENTRO DE LA
NORMATIVA VIGENTE, CON ESPECIAL REFERENCIA
AL SISTEMA VISUAL**

ÁNGELES NURIA GUISÁNDEZ JIMÉNEZ

TESIS DOCTORAL

Madrid, 2015

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE MEDICINA

DEPARTAMENTO DE TOXICOLOGÍA Y LEGISLACIÓN SANITARIA

**EFFECTO DEL ALCOHOL ETÍLICO EN LA CONDUCCIÓN
DE VEHÍCULOS A MOTOR, DENTRO DE LA
NORMATIVA VIGENTE, CON ESPECIAL REFERENCIA
AL SISTEMA VISUAL.**

DIRECTORA:

PROF. DRA. MARÍA JOSÉ ANADÓN BASELGA

CO-DIRECTORA:

PROF. DRA. MATILDE ZABALLOS

ÁNGELES NURIA GUISÁNDEZ JIMÉNEZ

TESIS DOCTORAL

Madrid, 2015

A mi Pepa



... Dosis sola facit venenum...
T. Paracelso

Deseo expresar mi agradecimiento a:

Las directoras de la Tesis Doctoral, Dra. María José Anadón Baselga y Matilde Zaballos, por la dedicación permanente que han tenido en el planteamiento y seguimiento del estudio. Sin sus directrices y consejos no hubiese finalizado este proyecto.

La Fundación ATRESMEDIA “PÓNLE FRENO”, a su Presidenta Dña. Carmen Bieger Morales y Dña. Susana Gato, por la cesión del SIMULADOR DE CONDUCCIÓN para poder desarrollar este estudio. Sin su colaboración no hubiera sido posible llevar a cabo este proyecto de investigación.

DRÄGER, a su director D. Daniel Martín de Soto, por la cesión del ALCOHOLÍMETRO para poder desarrollar este estudio. Sin su colaboración no hubiera sido posible llevar a cabo este proyecto de investigación.

La FEDERACIÓN ESPAÑOLA DEL VINO, a D. Pau Roca Blasco y Dña. Isabel Mijares y García Pelayo, por la concesión del vino. Sin su colaboración no hubiera sido posible llevar a cabo este proyecto de investigación.

La FISCALÍA DE SEGURIDAD VIAL DEL ESTADO, D. Mario Sanz Fernández-Vega, por su colaboración y aportación de información jurídica.

D. Pedro Cuesta, por su colaboración en el soporte técnico estadístico. Sin su colaboración no hubiera sido posible llevar a cabo este proyecto de investigación.

D. Ricardo Andrés Roa-Castellanos, por su colaboración y aportación bilingüe.

Los voluntarios sin su colaboración no hubiera sido posible llevar a cabo esta Tesis Doctoral.

Mis hijos, familia y amigos, a los que debo fundamentalmente el coste de oportunidad de horas a las que por derecho les correspondían.

ÍNDICE

ÍNDICE DE ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS

<	Menor que
≤	Menor o igual
>	Mayor que
≥	Mayor o igual
±	más, menos
‘	MINUTO
“	SEGUNDO
AO	Ambos ojos
ADH	Alcohol deshidrogenasa
ART	Artículo
ATM	Atmósfera
AV	Agudeza Visual
AVC	Agudeza Visual Cercana
AVD	Agudeza Visual Dinámica
AVE	Agudeza Visual Estática
AVL	Agudeza Visual Lejana
BAER	Examen de Respuesta Provocada Auditiva del tronco Encefálico
BOE	Boletín Oficial del Estado
C DE LANDOLT	optotipo para medir la AV
CA	Cámara Anterior

CD/M ²	Candelas por metro cuadrado
CE	Comunidad Europea
CEE	Comunidad Económica Europea
CEIC	Comité Ético de Investigación Clínica
CGE	Cuerpo Geniculado Externo
CI	Consentimiento informado
CIE	Código de Identificación Europea
CM	Centímetro
CO ₂	Dióxido de Carbono
CP	Cámara Posterior
CV	Campo Visual
D	Densidad
DIP	Distancia Interpupilar
DNP	Distancia Nasopupilar
DRUID	Driving under influence of Alcohol, Drugs and Medicines
DT	Desviación Típica
EEG	Electroencefalograma
EPR	Epitelio Pigmentario de la Retina
G/L	Gramos/Litro
G	Gramos
H ⁺	Hidrógeno
HA	Humor Acuoso

HV	Humor Vítreo
H ₂ O	Agua
IC	Índice de Confianza
IMC	índice de masa corporal
KG	Kilogramos
KM/H	kilómetros/Hora
L/Kg	Litros/Kilogramo
L	Litro
LAC	Logo – Audio Cognitivo
LED	Light-emitting-diode
LOGMAR	Logarítmico mínimo ángulo de resolución
M	Metro
MAR	Mínimo Ángulo de Resolución
MG	Muestra General
MG	Miligramo
MG/DL	Miligramos/Decilitro
MG/L	Miligramos/Litro
MG/ML	Miligramos/Mililitro
ML	Mililitro
MM	Milímetro
N	Número de Muestra a estudio
NAD	Nicotinamida Adenina Dinucleótido

NO	Nervio Óptico
°C	Grados <i>Celsius</i>
OD	Ojo Derecho
OI	Ojo Izquierdo
OM	Organización Mundial
P	Valor de la probabilidad o prueba t de <i>Student</i>
PNL	Programación Neurolingüística
QO	Quiasma Óptico
R DE PEARSON	Predicciones $0 < r \leq 1$
R	Coeficiente de correlación
R ²	Coeficiente de determinación de la muestra
RD	Real Decreto
S	Segundo
SCAM	Simulador de Conducción APPORT MEDIA
SNC	Sistema Nervioso Central
SPPS	Programa Informático Estadístico (SPPS Incorporated, Redmond, IL, EEUU)
SRL	Sí reaccionan a la luz
SSER	Examen de Respuesta Evocada Somatosensorial
TRCAV®	Test de Rendimiento de Función Cognitiva y Visual
VC	Visión de Cerca
VCM	Visuo – Cognitivo Motor
VD	Volumen de Distribución

VER	Examen de Respuesta Evocada Visual
VL	Visión de Lejos
VOL/L	Volumen/Litro
VP	Visión Próxima

ÍNDICE DE TABLAS, GRÁFICAS Y FOTOGRAFÍAS pág.

Tabla 1.	Requisitos del sistema visual en la conducción	337
Tabla 2.	Vd etanol mujeres y hombres según peso	42
Tabla 3.	Proceso metabólico del etanol	46
Tabla 4.	Grados de alcoholemia según Legislación	47
Tabla 5.	Efectos del etanol en visión y audición	57
Tabla 6.	Síntomas y signos del alcohol etílico	58
Tabla 7.	Muestra general (MG)	83
Tabla 8.	Muestra por Sexo (N= 123)	85
Tabla 9.	Muestra por bebedor habitual (N= 123)	85
Tabla 10.	Frecuencia de ingesta de alcohol etílico (N= 123)	86
Tabla 11.	Información técnica Dräger Alcotest 6810	104
Tabla 12.	Datos técnicos Dräger Alcotest 6810	105
Tabla 13.	Prueba Logo-Audio Cognitiva (LAC)	118
Tabla 14.	Ingesta de alcohol en función del sexo-peso-talla	125
Tabla 15.	Concentración de alcohol en función del tiempo (N= 123)	126
Tabla 16.	Diámetro pupilar	127
Tabla 17.	Ficha de variables para la realización del estudio 1 (N= 121)	342
Tabla 18.	Ficha de variables para la realización del estudio 2 (N= 20)	343
Tabla 19.	Fichas de variables para la realización del estudio 3 (N= 123)	344
Tabla 20.	Media de alcohol (< 0,25 mg/L en aire espirado) entre hombres y mujeres	160
Tabla 21.	Asociación de las variables cuantitativas entre el etanol y la AV(N= 20)	162
Tabla 22.	Respuesta pupilar tras la ingesta de alcohol etílico (N= 20)	166
Tabla 23.	Diferencia de tiempos, aciertos y fallos (N= 20)	170
Tabla 24.	Diferencia de aciertos, fallos y tiempo después de la ingesta de etanol	171
Tabla 25.	Sexo porcentual (N= 123)	176
Tabla 26.	Nacionalidad porcentual (N= 123)	176
Tabla 27.	Ojo fijador porcentual (N= 123)	177
Tabla 28.	Ametropía porcentual (N= 123)	177
Tabla 29.	Tipo de Ametropía porcentual (N= 123)	177
Tabla 30.	Bebedor habitual porcentual (N= 123)	177
Tabla 31.	Tipo de bebida porcentual (N= 123)	177
Tabla 32.	Frecuencia de consumo de bebida porcentual (N= 123)	178
Tabla 33.	Reacción pupilar SIN ALCOHOL porcentual (N= 123)	178
Tabla 34.	Pupilas CON ALCOHOL porcentual (N= 123)	178
Tabla 35.	Reacción pupilar CON ALCOHOL porcentual (N= 123)	178
Tabla 36.	Colisión (1) por Sexo SIN ALCOHOL (N= 123)	185
Tabla 37.	Colisión (1) por Edad SIN ALCOHOL (N= 123)	185
Tabla 38.	Colisión (2) por Sexo SIN ALCOHOL (N= 123)	186

Tabla 39.	Colisión (2) por Edad SIN ALCOHOL (N= 123)	187
Tabla 40.	Colisión (3) por Sexo SIN ALCOHOL (N= 123)	188
Tabla 41.	Colisión (3) por Edad SIN ALCOHOL (N= 123)	188
Tabla 42.	Colisión (1) por Sexo CON ALCOHOL (N= 123)	189
Tabla 43.	Colisión (1) por Edad CON ALCOHOL (N= 123)	190
Tabla 44.	Colisión (2) por Sexo CON ALCOHOL (N= 123)	191
Tabla 45.	Colisión (2) por Edad CON ALCOHOL (N= 123)	191
Tabla 46.	Colisión (3) por Sexo CON ALCOHOL (N= 123)	192
Tabla 47.	Media ingesta de alcohol (mL) en función del peso y del sexo (N= 123)	194
Tabla 48.	Estadística de grupo: hombres y mujeres (N= 123)	195
Tabla 49.	Media de alcohol ($\leq 0,25$ mg(L en aire espirado hasta absorción) entre hombres y mujeres (N=123)	196
Tabla 50.	Diferencias AV cerca y AV lejos	199
Tabla 51.	Diferencias por sexo	202
Tabla 52.	Diferencias por ametropía	204
Tabla 53.	Diferencias por tipo de ametropías	206
Tabla 54.	Test de Duncan según tipo de ametropía	208
Tabla 55.	Diferencias de AV por concentración de alcohol etílico	211
Tabla 56.	Test de ANOVA. Diferencias de AV por concentración de alcohol etílico	211
Tabla 57.	Tabla 57. Test de DUNCAN. Diferencias de AV por concentración de alcohol etílico	212
Tabla 58.	Diferencias de diámetro pupilar de la MG (N=123)	215
Tabla 59.	Medias de diámetro pupilar antes y después del alcohol	216
Tabla 60.	Diferencias de diámetros pupilares por edad	219
Tabla 61.	Diferencias de diámetros pupilares AO por edad	220
Tabla 62.	Diferencia de AV de cerca del OI según tipo pupilas	221
Tabla 63.	Respuesta pupilar tras la ingesta de alcohol (N=123)	222
Tabla 64.	Signos pupilas con alcohol	222
Tabla 65.	Prueba de muestras emparejadas MG	224
Tabla 66.	Prueba de muestras emparejadas. Distancia de reacción y distancia de frenado	225
Tabla 67.	Diferencias de Tiempo de reacción, Distancia de Frenado y Distancia de Reacción	227
Tabla 68.	Medias de Tiempo de Reacción, Distancia de Reacción y Distancia de Frenado	228
Tabla 69.	Estadísticos de prueba de Wilcoxon. Tiempo de reacción, Distancia de reacción y Distancia de Frenado CON Y SIN ALCOHOL	229
Tabla 70.	Prueba T Student. Reacción de Frenada por estímulos: CONOS, STOP Y SEMÁFORO	231
Tabla 71.	Media Tiempo de reacción por estímulos CON y SIN ALCOHOL	231

Tabla 72.	Media Distancia de Frenado CON Y SIN ALCOHOL por estímulos: CONOS, STOP Y SEMÁFORO	233
Tabla 73.	Prueba de muestras emparejadas según estímulos	234
Tabla 74.	Estadísticos de prueba de Wilcoxon. Tiempo de reacción, Distancia de reacción y Distancia de Frenado CON Y SIN ALCOHOL, por estímulos.	235
Tabla 75.	Comparación de medias paramétricas según concentración de alcohol en aire espirado de la MG	237
Tabla 76.	Diferencias de tiempo y distancia de reacción en ≤ 24 años y concentración de alcohol en aire espirado	239
Tabla 77.	Test de ANOVA. Diferencias de tiempo y distancia de reacción en ≤ 24 años y concentración de alcohol en aire espirado	240
Tabla 78.	Comparación de medias paramétricas en ≤ 24 años según concentración de alcohol en aire espirado	241
Tabla 79.	Diferencias de tiempo y distancia de reacción entre 25-39 años y concentración de alcohol en aire espirado	242
Tabla 80.	Test de ANOVA. Diferencias de tiempo y distancia de reacción entre 25-39 años y concentración de alcohol en aire espirado	243
Tabla 81.	Estadísticas de muestras emparejadas según la velocidad en la MG	245
Tabla 82.	Prueba de muestras emparejadas según la variación de velocidad	246
Tabla 83.	Pruebas de contraste de variación de velocidad entre sexo	247
Tabla 84.	Diferencias entre sexo por distancia al obstáculo tras la ingesta de etanol	250
Tabla 85.	Medias de Tiempo de reacción por sexo. Prueba Autopista	250
Tabla 86.	Diferencias de medias entre sexo por distancia de reacción	253
Tabla 87.	Pruebas de contraste de variación de distancia de reacción entre sexo	253
Tabla 88.	Diferencias de medias de distancia de frenado por sexo. Prueba Autopista	254
Tabla 89.	Medias de Velocidad según concentraciones de alcohol en aire espirado en la MG	257
Tabla 90.	Test de ANOVA. Diferencias de Velocidad y Tiempo de Reacción. MG	258
Tabla 91.	Comparación de medias paramétricas según concentración de alcohol en aire espirado en la MG	259
Tabla 92.	Diferencias de velocidad en estado basal – SIN ALCOHOL (0,00 mg/L en aire espirado) y CON ALCOHOL en hombres	261
Tabla 93.	Test de ANOVA. Variación de velocidad en estado basal – SIN ALCOHOL (0,00 mg/L en aire espirado) en hombres	262
Tabla 94.	Comparación de medias paramétricas de velocidad según concentración de alcohol en hombres.	263
Tabla 95.	Diferencias de velocidad según concentración de alcohol en aire espirado en mujeres	264
Tabla 96.	Test de ANOVA. Variación de velocidad según concentraciones de alcohol en aire espirado en mujeres	265

Tabla 97.	Medias de variación de velocidad en función de las distintas concentraciones de alcohol en aire espirado en ≤ 24 años	266
Tabla 98.	Test de ANOVA. Diferencia de velocidad en ≤ 24 años	267
Tabla 99.	Comparación de medias paramétricas en ≤ 24 años según concentración de alcohol en aire espirado	268
Tabla 100.	Medias de variación de velocidad en función de las distintas concentraciones de alcohol en aire espirado entre 25-39 años	269
Tabla 101.	Test de ANOVA. Diferencia de velocidad entre 25-39 años	270
Tabla 102.	Medias de variación de velocidad en función de las distintas concentraciones de alcohol en aire espirado en ≥ 40 años	271
Tabla 103.	Test de ANOVA. Diferencia de velocidad en ≥ 40 años	272
Tabla 104.	Concentraciones de alcohol en aire espirado (mg/L) en distintos tiempos hasta fase de absorción según edad (N=123)	313
Tabla 105.	Sistema visual, alcohol y sinestrialidad	341
Gráfica 1.	Curva de Alcoholemia	41
Gráfica 2.	Muestra de hombres y mujeres (N= 121)	72
Gráfica 3.	Muestra según la edad (N= 121)	72
Gráfica 4.	Muestra según profesiones (N= 121)	72
Gráfica 5.	Muestra de hombre y mujeres (N= 20)	76
Gráfica 6.	Profesiones de la muestra (N= 20)	76
Gráfica 7.	Muestra de hombres y mujeres (N= 123)	85
Gráfica 8.	Muestra de bebedores habituales (N= 123)	86
Gráfica 9.	Muestra por frecuencia de ingesta de alcohol porcentajes (N= 123)	87
Gráfica 10.	Muestra por frecuencia de ingesta de alcohol (N= 123)	87
Gráfica 11.	Diferencia de tiempo entre profesores, estudiantes y otros (N=121)	153
Gráfica 12.	Num. de fallos y respuestas entre hombres y mujeres (N= 121)	153
Gráfica 13.	Núm. de fallos y respuestas en relación a la edad (N= 121)	154
Gráfica 14.	Núm. de fallos y respuestas en relación a la profesión (N= 121)	154
Gráfica 15.	Diferencia de fallos visuales	155
Gráfica 16.	Diferencia de tiempo	156
Gráfica 17.	Media de alcohol en aire espirado (mg/L) (N= 20)	160
Gráfica 18.	Alcohol y AV (N= 20)	164
Gráfica 19.	AV (alcohol $< 0,25\text{mg/L}$) más afectación del ojo no fijador	165
Gráfica 20.	Pupilas después del alcohol (N= 20)	168
Gráfica 21.	Respuesta pupilar tras la ingesta de alcohol etílico (N= 20)	168
Gráfica 22.	Resultado de la prueba VCM después del etanol (N= 20)	172
Gráfica 23.	Resultado de la prueba LCM después del etanol (N= 20)	173

Gráfica 24. Resultado de la prueba LAC en las mujeres (N= 20)	174
Gráfica 25. Media de Ingesta de Alcohol (mL) en función del peso y del sexo (N= 123)	194
Gráfica 26. Muestra general según tipo de ametropía (N= 123)	207
Gráfica 27. Medias diámetros pupilares (mm) antes y después del alcohol	216
Gráfica 28. Diámetros pupilares: OD y OI sin y con alcohol (N=123)	217
Gráfica 29. Distancia interpupilar antes y después del alcohol (N=123)	218
Gráfica 30. Tiempo de Reacción CON Y SIN ALCOHOL por estímulos: CONOS, STOP Y SEMÁFORO	232
Gráfica 31. Distancia de Frenado CON Y SIN ALCOHOL por estímulos: CONOS, STOP Y SEMÁFORO	233
Gráfica 32. Resultado de la diferencia de medias de velocidad por sexo con alcohol (N= 123).	248
Gráfica 33. Medias marginales estimada de distancia al obstáculo por sexo	249
Gráfica 34. Diferencia de medias de Tiempo de Reacción por sexo	252
Gráfica 35. Diferencia de medias de distancia de frenado por sexo	256
Gráfica 36. Curva de alcoholemia de la MG según rango de edad (N=123)	315
Fotografía 1. Test de Rendimiento de Función Cognitiva y Visual (TRCAV)	73
Fotografía 2. Optotipo "C de Landolt"	77
Fotografía 3. Ocluser traslúcido (Spielman)	78
Fotografía 4. Linterna ocular	78
Fotografía 5. Dräger Alcotest 6510	80
Fotografía 6. Optotipo "logMAR" de lejos	89
Fotografía 7. Optotipo "logMAR de cerca"	90
Fotografía 8. Pupilómetro.	91
Fotografía 9. Regla	92
Fotografía 10. Medida distancia interpupilar (DIP)	92
Fotografía 11. Probeta	93
Fotografía 12. Báscula y tallímetro	94
Fotografía 13. Cronómetro	94
Fotografía 14. Sacacorchos	94
Fotografía 15. Nevera	95
Fotografía 16. Simulador de Conducción	95
Fotografía 17. Parámetros del vehículo	98
Fotografía 18. Condiciones de circulación	99
Fotografía 19. Gráfica distancia de frenado y tiempo de reacción	100
Fotografía 20. Pruebas de frenado.	101
Fotografía 21. Pruebas de conducción por autopista	101
Fotografía 22. Dräger Alcotest 6810	103
Fotografía 23. Vino blanco	106

Fotografía 24.	Vino tinto	106
Fotografía 25.	Copa Vino tinto	106
Fotografía 26.	Realización prueba TRCAV	115
Fotografía 27.	VCM (TRCAV)	116
Fotografía 28.	VCM (TRCAV)	116
Fotografía 29.	Resultados de la prueba VCM del TRCAV	116
Fotografía 30.	Realización VCM	117
Fotografía 31.	Dräger Alcotest 6510	122
Fotografía 32.	Dräger 6810. Medida 0.00 mg/L aire espirado	125
Fotografía 33.	Distancia interpupilar (DIP)	128
Fotografía 34.	Distancia interpupilar (DIP)	128
Fotografía 35.	Distancia nasopupilar (DNP)	129
Fotografía 36.	Realización prueba frenado impuesto I	131
Fotografía 37.	Realización prueba frenado impuesto II	131
Fotografía 38.	Frenado impuesto “STOP”	131
Fotografía 39.	Resultados frenado impuesto I	132
Fotografía 40.	Resultados frenado impuesto II	133
Fotografía 41.	Prueba escenario autopista	135
Fotografía 42.	Prueba escenario autopista I	136
Fotografía 43.	Prueba escenario colisión autopista I	137
Fotografía 44.	Gráfica resultados escenario autopista I	137
Fotografía 45.	Prueba escenario autopista II	138
Fotografía 46.	Prueba escenario autopista II bis	139
Fotografía 47.	Prueba escenario autopista III	139
Fotografía 48.	Prueba escenario colisión autopista III	141
Fotografía 49.	Prueba escenario autopista – bis	141
Fotografía 50.	Prueba soplado alcoholímetro Dräger 6810	144
Fotografía 51.	Movimientos oculares	157
Fotografía 52.	Posición de mirada de uno de los voluntarios al realizar la prueba VCM + LAC	158
Fotografía 53.	Respuesta pupilar ante un estímulo de luz	167
Fotografía 54.	Pupila normal	167
Fotografía 55.	Pupila ligeramente midriática	167
Fotografía 56.	Metodología empleada I	350
Fotografía 57.	Metodología empleada I	350
Fotografía 58.	Metodología empleada I	350
Fotografía 59.	Metodología empleada I	350
Fotografía 60.	Metodología empleada II	351
Fotografía 61.	Metodología empleada II	351

ÍNDICE	pág.
ABSTRACT	XV
1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 Justificación	5
1.2 Hipótesis	7
1.3 Objetivos	8
2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	9
2.1 Reseña sobre el sistema visual	11
2.1.1 Anatomía, fisiología y funcionalidad del sistema visual	11
2.1.2 Sistemas relacionados con el sistema visual	21
2.1.2.a Sistema auditivo y respuesta motora	21
2.1.2.b Agudeza visual y reacción pupilar	28
2.2 Niveles de alcohol y efectos sobre el ser humano	36
2.2.1 Metabolismo del alcohol etílico	45
2.2.2 Efectos del alcohol en el sistema visual	49
2.3 Requisitos del sistema visual en la conducción	52
2.3.1 El alcohol etílico y sus efectos sobre la conducción	55
2.4 Sistema visual, alcohol y siniestralidad	57
2.4.1 El examen visual en el atestado policial	59
2.5 Normativa sobre la tasa de alcoholemia permitida para los conductores de vehículos a motor	62
2.5.1 Normativa Española	62
2.5.2 Normativa Internacional	63
3 MATERIAL Y MÉTODO	67
3.1 Material	69

3.1.1.a	Estudio 1 (N=121)	71
3.1.1.a.1	Muestra de 121 individuos	71
3.1.1.a.2	Material técnico	73
3.1.1.b	Estudio 2 (N= 20)	74
3.1.1.b.1	Muestra de 20 individuos	75
3.1.1.b.2	Material técnico	76
3.1.1.b.3	Alcohol etílico	80
3.1.1.c	Estudio 3 (N= 123)	81
3.1.1.c.1	Diseño de la investigación y muestra	81
3.1.1.c.2	Material técnico	88
3.1.1.c.3	Alcohol etílico	106
3.1.1.a.4	Consentimiento informado y aspectos Deontológicos	107
3.1.1.a.5	Certificado del Comité Ético de Investigación Clínica (CEIC)	110
3.2	Método	113
3.2.1.a	Estudio 1. Método a seguir con la muestra N= 121	115
3.2.1.a.1	Realización del Test de Rendimiento de Función Cognitiva y Visual	115
3.2.1.b.	Estudio 2. Método a seguir con la muestra N= 20	119
3.2.1.b.1	Medida de la agudeza visual de lejos	119
3.2.1.b.2	Reacción pupilar	120
3.2.1.b.3	Realización del Test de Rendimiento de Función Cognitiva y Visual, antes y después de la ingesta de Etanol	120
3.2.1.b.4	Dispositivo de Dräger Alcotest 6510	122
3.2.1.c.	Estudio 3. Método a seguir con la muestra N= 123	124
3.2.1.c.1	Medida de AV de lejos y cerca	126
3.2.1.c.2	Respuesta y medida del diámetro pupilar	127
3.2.1.c.3	Prueba simulador de la conducción de vehículos	

	a motor	129
3.2.1.c.4	Dispositivo de Dräger Alcotest 6810	142
3.3	Método estadístico	145
3.3.1	Estadística descriptiva	145
3.3.2	Estadística analítica	146
4	RESULTADOS	149
	Organización de los resultados	151
4.1	Estudio 1 (N= 121): Muestra sin alcohol	152
4.1.1	Visual y simultáneo	152
4.1.2	Resultados del estudio	155
4.2	Estudio 2 (N= 20): Muestra con alcohol	160
4.2.1	Estudio estadístico descriptivo de las variables ...	160
4.2.2	Resultados del estudio	162
4.3	Estudio 3 (N= 123): Muestra sin alcohol y con alcohol ...	176
4.3.1	Estudio estadístico descriptivo de las variables ...	176
4.3.2	Resultados más relevantes del estudio	197
4.3.2.1	Análisis AVC y AVL	198
4.3.2.2	Análisis pupilar	214
4.3.2.3	Análisis capacidad de reacción	223
4.3.2.4	Análisis variación de velocidad	244
5	DISCUSIÓN	273
5.1	Estudio 1 (N= 121)	275
5.2	Estudio 2 (N= 20)	276
5.3	Estudio 3 (N= 123)	278
5.3.1	Respecto a la muestra	279
5.3.2	Respecto a la normativa vigente	279
5.3.3	Respecto al sistema visual	283

5.3.4	Respecto a la capacidad de reacción	297
5.3.5	Respecto a la variación de velocidad	308
6	CONCLUSIONES	323
7	BIBLIOGRAFÍA	327
	ANEXOS	335
ANEXO A	Revisión bibliográfica	337
A.1	Requisitos del sistema visual en la conducción	337
A.2	Sistema visual, alcohol y siniestralidad	341
ANEXO B	Material y Método	342
B.1	Material	342
B.1.1	Ficha de variables Estudio1 (N= 121)	342
B.1.2	Ficha de variables Estudio 2 (N= 20)	343
B.1.3	Ficha de variables Estudio 3 (N= 123)	344
B.1.4	Consentimiento Informado (Estudio 3)	346
B.1.5	Certificado Comité Ético de Investigación Clínica (Estudio 3)	349
B.2	Método	350
B.2.1	Metodología empleada (Estudio 2)	350
ANEXO C	Discusión	352
C.1	Normativa Internacional	352

ABSTRACT

TITLE

Effects of ethyl alcohol on driving motor vehicles, in legislation with special reference to visual system.

INTRODUCTION

The consumption of ethylic alcohol may have serious implications when developing complex tasks such as the driving of motor vehicles. The maximum alcohol levels in exhaled air –when driving– are established at 0,15 mg/L (considering new and professional drivers) and 0,25 mg/L (for the rest of the population) in Spain.

JUSTIFICATION

Due to the high number of damage caused by traffic accidents in which drivers under the effects of ethylic alcohol are involved, this area of research has attracted the interest of researchers and led them to analyze the possible differences of exploration and visual acuity of those drivers that show a higher ethylic alcohol level than permitted by the law (either $> 0,25$ mg/L in exhaled air or its equivalent of 0,5 g/L in blood), as indicated by *E. Villanueva Cañada in the treatise on "Legal Medicine and Toxicology" -- Gisbert Calabuig (2004).*

HYPOTHESIS

The aim of this study is to determine whether the ingestion of alcohol in dose of $\leq 0,25$ mg/L in exhaled air has effects on the visual system and the reaction capacity in subjects that undergo simulated driving tests and their ability to react to different stimuli.

OBJECTIVES

Since there may exist an individual susceptibility that causes that effects of ethylic alcohol at the levels allowed by the regulation in Spain to be variable,

the intention of this research is to examine its influence on the driving of motor vehicles based on diverse parameters of cognitive (reaction capacity) and visual function (visual acuity and pupil response).

BIBLIOGRAPHIC REVIEW

The visual system receives the external light stimuli through its structures, then codifies and transmits them throughout the optical nerve to the mid-brain; place where the phenomenon of the vision takes place. It receives the light information through the retinal photoreceptors and the initial processing of the visual signs is produced in the retina. Many of the retinal axons end in the thalamic relay nucleus, which in turn innervate a large region of the cortex at the occipital lobe, from where all the visual information is sent to diverse cortical regions that control a large part of the temporary and parietal lobes.

The *visual acuity* (VA) is the ability of the eye to distinguish as different two illuminated objects, placed relatively close to each other. Both at a certain distance from the observer. The VA has a significant importance on the driving of a vehicle since it is precisely this property of the eye that allows distinguishing, at long distances, the characteristics of the road, the traffic signs, the obstacles of the road, etc. Therefore, it is logical that the law only allows to drive when possessing a minimum VA. The effects that the alcohol produces on the vision are significant. The *accommodation and the ability to follow objects with the sense of sight deteriorate*, even with low levels of blood alcohol. *The visual field diminishes, the peripheral vision is altered and the recovery of sight after the exposition to the glare is delayed.*

The alcohol produces in the human organism a non-selective "*depression*" of the Central Nervous System (CNS): it worsens the psychomotor function, the sensory perception (sight and hearing), modifying the person's behavior *and the ability to drive safely*. It also produces a decrease of the reflex activation level, which increases the reaction time once fully perceiving the sensations and/or receiving information, to decide what to do and when to act.

In addition, the ability to judge the speed, the distance and the relative situation of the vehicle, as well as the ability to follow a track or to face to an unexpected situation is altered. It diminishes the attention and resistance to monotony, the ability to drive safely and it *increases the accident risk*.

MATERIAL AND METHODS

The VA parameters are studied in 123 volunteers –before and after the ingestion of ethylic alcohol– in distant vision (5 m), in nearby vision (25 cm) and pupil response to the light –with technical optometric material– and the reaction capacity with the driving simulator SCAM 0603 to evaluate the reaction times to unexpected visual stimuli as well as the speed variation for a circuit on the highway. The ethylic alcohol level was measured with a Dräger Alcotest 6810 device. The testing, both visual and with the driving simulator, are first done without any ethylic alcohol consumption (0,00 mg/L in exhaled air). Immediately afterwards, the testing is repeated after the ingestion of ethylic alcohol depending on the weight and sex of the individual, in order that the concentration of alcohol in air exhaled of 0,25 mg/L is not exceeded.

DISCUSSION AND RESULTS

The present study shows the differences of VA alteration, both from afar and close distance, the experimental subjects' response reflex and their variation of the pupil diameter, as well as reaction time, reaction distance and stopping distance together with speed variation due to an unexpected stimulus, in basal condition (without alcohol) and under the effects of ethylic alcohol in concentrations allowed by current regulations in Spain. There were carried out some tests, detailed in the methodology section, from which results on the frequency and percentages of the categorical variables were obtained.

The descriptive statistical study of these categorical variables are pointed out in their analysis, after comparing the results obtained in basal condition (without alcohol) and after the ingestion of ethylic alcohol. This comparative

study is carried out in different concentrations or measures of alcohol in exhaled air, from its basal condition (0,00 mg/L exhaled air) and the different concentrations of alcohol in exhaled air until $\leq 0,30$ mg/L (margin of error of the alcoholmeter of ± 5 %), to determine if there exists affectation of the parameters described after the ingestion of ethylic alcohol in equal or lower concentrations than the established by the current regulation in Spain. This is why it is necessary that the analysis of each parameter is being executed depending on the different phases of the curve of the blood alcohol level up to the phase of absorption. Therefore, each parameter will be analyzed in relation to the sex of the sample, the age, the ametropy and the quantities of concentration of alcohol in exhaled air, obtained in time intervals from minute 0 ' – (0,00 mg/L) – up to minute 30 ', minute 40 ', minute 50 ' and minute 60 ' without exceeding the limits allowed by the current legislation in Spain.

The most relevant results obtained from the study show a deficiency in the visual acuity from a close distance in binocular vision ($p < 0,001$) as well as mydriatic and glassy pupils with a conjunctival hyperemia in 100 % of the study population as well as a lower response to light (99 %). There exist a highly significant increase of the pupil diameter ($p < 0,001$), that increases according to the increasing level of alcohol, both monocular and binocular, concerning ages ≥ 40 , where after the ingestion of alcohol the increase of the pupil diameter is less than in subjects aged between 18 and 39.

When it comes to the reaction capacity, the whole general simple (GS) shows a significant decrease of the reaction time ($p < 0,05$) and of the reaction distance under the effects of the ethyl alcohol as well as a highly significant increase of the stopping distance ($p < 0,01$) in concentrations of alcohol in exhaled air of $\leq 0,25$ mg/L. There exists a speed increase in the three highway scenarios after the ingestion of ethylic alcohol from concentrations of $> 0,11$ mg/L in exhaled air at highly significant level ($p < 0,01$), diminishing gradually as the concentrations of alcohol in exhaled air increase, significantly diminishing the reaction time ($p < 0,05$).

These results are coincidental with the state of the art (GASCÓ P *et al.*, 1994) with regard to the effects of the ethylic alcohol on the vision in concentrations below 0,5 g/L in the blood (0,25 mg/L in exhaled air) and to the manifest deterioration (Villanueva Cañadas, E *et al.*, (2004) below 0,2 g/L in blood (0,10 mg/L in exhaled air).

CONCLUSIONS

Under the effects of the ethylic alcohol (average 0,17 mg/L in women and 0,18 mg/L in men), exists a highly significant loss of visual acuity ($p < 0,001$), affecting mainly the binocular vision from a close position in relation with the accommodative alteration produced, being notably pronounced in the far-sighted, in relation to the rest of the group of ametropies (myopia, presbyopia, astigmatism and farsightedness). Objectively, there exists a slowed down pupil response (99%) together with a slight mydriasis, irritation and a slight conjunctival suffusion (100%), as well as an increase of the pupil diameter that increases according to the increasing alcohol level in the whole GS.

Under the effects of the ethylic alcohol the reaction time and the reaction distance is minor, though the stopping distance increases, significant for the existence of a prolongation of the stopping action in space with alcohol. There is a speed increase together with the augmented level of alcohol from concentrations of $\geq 0,11$ mg/L in the whole GS.

There is necessary, to create a legal modification on the levels of alcohol concentration in exhaled air below 0,10 mg/L in exhaled air or 0,2 g/L in blood is necessary, though levels of 0,00 mg/L would be recommended.

I. INTRODUCCIÓN

1. Introducción

La importancia de la visión para desarrollar actividades cotidianas es conocida por todos, siendo mas relevante, cuando puede afectar a la seguridad de otras personas.

Una de estas actividades es la conducción de vehículos a motor, en la cual es indispensable contar con buenas aptitudes físicas y psíquicas. Indudablemente, la vista es el factor físico más importante para la conducción de vehículos a motor y su falta no puede ser sustituida ni complementada de manera alguna, ya que más del 90% de la información que recibimos sobre el tráfico nos llega a través de la visión, y para la mayor parte de las maniobras, el conductor ha de basarse en su sentido visual.

Para una buena conducción son necesarias las siguientes premisas:

- Percibir con precisión todos los elementos que intervienen en el tráfico.
- Conseguir una interpretación adecuada de nuestro cerebro.
- Dar una respuesta neuromuscular aplicada a los mandos del vehículo, en segundos.

Este lapso de tiempo mejorará cuanto más segura sea la carretera, mejores las prestaciones de los vehículos y el conductor tenga una correcta capacidad visual al tiempo que respete las normas de circulación.

En lo referente al sistema visual: la agudeza visual (AV), el campo visual (CV) y la visión cromática deben de tenerse en cuenta en la conducción de vehículos a motor, así como, el sentido luminoso, la motilidad palpebral y del globo ocular, y la presencia de enfermedades progresivas que deterioren y no permitan alcanzar los niveles fijados por la Ley en cada grupo que detalla el *Anexo IV del*

Reglamento General de Conductores (Real Decreto 772/1997, de 30 de mayo, con modificaciones posteriores).

Uno de los factores que más afectan a la visión es el alcohol etílico. Desgraciadamente la ingesta de bebidas espirituosas se encuentra entre las causas de una gran número de accidentes ya que a poca cantidad ingerida se generan unos efectos, que en mayor o menor grado, afectan a la conducción: descoordinación de movimientos, fallo en la percepción, ...

Respecto a la visión se dan una serie de efectos concretos:

- Reduce la agudeza visual.
- Puede causar visión doble.
- Errores en el cálculo de distancias.
- Reduce el campo visual.

El alcohol es un claro factor de riesgo en la conducción, relacionado con un elevado número de accidentes de tráfico en carretera y en ciudad. Es de sobra conocido que la conducción bajo los efectos del alcohol es peligrosa. Sin embargo, muy pocos conductores saben a qué riesgo se exponen exactamente cuando conducen bajo estos efectos.

Una prueba de la terrible influencia que tiene la conducción bajo los efectos del alcohol etílico sobre la accidentalidad es la gran preocupación que demuestran tener las autoridades públicas para evitar este comportamiento. Son muchos los esfuerzos que se hacen para acabar con este tipo de accidentes y son cada vez más duras las consecuencias legales que se adoptan frente al conductor influenciado por la ingesta de alcohol.

1.1 Justificación

Una deficiente exploración visual de la carretera y su entorno es uno de los factores que contribuyen a la siniestralidad de los accidentes de tráfico; si a esto le añadimos la ingesta de alcohol etílico, hace que la siniestralidad se incremente ya que conducir es una actividad compleja que exige la participación de procesos cognitivos y motores.

Debido a la elevada cifra de siniestros ocasionados por accidentes de tráfico en los que se encuentran involucrados conductores bajo los efectos del alcohol etílico, este ámbito ha despertado el interés de los investigadores para analizar las posibles diferencias de exploración y agudeza visual de estos conductores bajo los efectos del etanol en tasas no permitidas por la ley (> 0.25 mg/L en aire espirado o su equivalente a 0.5 g/L en sangre).

“(…)… No hay un límite mínimo a partir del cual comienza el deterioro que produce el alcohol, ni existe ninguna prueba que demuestre que el alcohol es capaz de mejorar cualquier habilidad a cualquier nivel. La habilidad más semejante a la de conducir es la de la - atención dividida o difusa -, siendo la que se deteriora con el nivel del alcohol más bajo. Este deterioro puede ya manifestarse por debajo de 0,2 g/L, e invariablemente está siempre presente en el nivel legal de 0,5 g/L…(…)”.

*Capítulo 63 de E. Villanueva Cañadas:
“Estudio Toxicológico y Médico Legal del Alcohol Etilico”.
Tratado de “Medicina Legal y Toxicología” -- Gisbert Calabuig (2004).*

En la vida cotidiana es frecuente que se realice de forma simultánea más de una tarea, ya que estamos acostumbrados a recibir información por distintas vías sensoriales y así poder realizar tareas empleando varios sentidos de manera simultánea.

Diversos estudios han comprobado que la recepción de información por dos vías perceptivas distintas y su posterior procesamiento cognitivo puede interaccionar entre sí, afectando a la eficacia de respuesta de las tareas respecto a su eficacia si se ejecutaran independientemente (conducir o realizar una tarea de precisión...).

Dado que puede existir susceptibilidad individual que haga que los efectos del etanol o alcohol etílico a niveles bajos sea muy variable, el propósito y justificación de esta investigación es examinar en sujetos voluntarios mayores de edad, su efecto sobre diversos parámetros de función cognitiva visual, mediante pruebas “**no invasivas**”, no molestas y que no requieren preparación previa dentro de las tasas permitidas por la Normativa Vigente, en España, a fecha de esta investigación.

1.2 Hipótesis

La base de este estudio es comprobar la interacción que genera una tarea visuomotriz realizada simultáneamente bajo los efectos del alcohol etílico y ver si afecta a la conducción de vehículos a motor; es decir comprobar hasta qué punto una tarea visual se puede ver afectada en su eficacia al realizarse al unísono con otra cognitiva y biomecánica, bajo los efectos del etanol en concentraciones menores o iguales a (\leq) 0.25 mg/L en aire espirado.

Por lo que se quiere determinar si la ingesta de alcohol en dosis inferiores o iguales a (\leq) 0,25 mg/L en aire espirado tiene efectos en el sistema visual y la capacidad de reacción, en sujetos que se encuentran realizando pruebas de conducción de vehículos a motor simulada y pruebas de capacidad de reacción ante diferentes estímulos.

1.3 Objetivos

- 1.3.1** Determinar la medida de alteración de la AV de lejos y AV de cerca de un individuo bajo los efectos del alcohol etílico ($\leq 0,25$ mg/L en aire espirado) y su comparativa en su estado normal (0,00 mg/L en aire espirado).

- 1.3.2** Determinar la respuesta y variación del diámetro pupilar de un individuo bajo los efectos del alcohol etílico ($\leq 0,25$ mg/L en aire espirado) y su comparativa en su estado normal (0,00 mg/L en aire espirado).

- 1.3.3** Analizar el tiempo de reacción de respuesta (capacidad de reacción) de un individuo ante un estímulo visual, inesperado, con un simulador de conducción de vehículo a motor en estado normal (0,00 mg/L en aire espirado) y bajo los efectos del alcohol etílico ($\leq 0,25$ mg/L en aire espirado).

- 1.3.4** Analizar la variación de velocidad a la que conduce un individuo en distintas secuencias con un simulador de conducción de vehículos a motor, por autopista, en estado normal (0,00 mg/L en aire espirado) y bajo los efectos del alcohol etílico ($\leq 0,25$ mg/L en aire espirado).

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 RESEÑA SOBRE EL SISTEMA VISUAL

El sistema visual, a través de sus estructuras, recibe los estímulos luminosos externos, los codifica y transmite a través de la vía óptica al mesencéfalo; lugar donde se produce el fenómeno de la visión. Recibe la información luminosa por los fotorreceptores retinianos, y el procesamiento inicial de las señales visuales se produce en la retina. Muchos de los axones retinianos terminan en los núcleos de relevo talámicos, que a su vez inervan una gran región de la corteza en el lóbulo occipital, desde donde es enviada toda la información visual a diversas regiones corticales que controlan gran parte de los lóbulos temporal y parietal [1].

2.1.1 Anatomía, fisiología y funcionalidad del sistema visual

El ojo humano es un instrumento óptico especializado en la captación de luz y en el procesamiento inicial de la información visual.

El globo ocular, es una estructura esférica que contiene al aparato óptico ocular y al tejido nervioso fotorreceptor, de forma irregularmente esferoidal, compuesto por:

- Segmento anterior: La córnea, de radio 8 mm, pequeño y transparente.
- Segmento posterior: Bulbo ocular, de radio 12mm.

El diámetro anteroposterior del ojo normal, medido mediante ultrasonidos es de 22 a 26 milímetros de longitud (*longitud axial*).

En su interior está limitado por:

1. *Cámara anterior (CA)*, limitada por la cara posterior de la córnea por delante, y el diafragma iridopupilar por detrás. Está ocupada por humor acuoso (HA), con un volumen aproximado de 0'2 ml.

2. *Cámara posterior (CP)*, entre el iris y pupila por delante y la cara anterior del cristalino, con sus fibras zonulares por detrás, sin cuyo soporte el iris tiembla (iridodonesis). Está ocupada por humor acuoso (HA) (0'06 ml).
3. *Cámara vítrea*, limitada por la cara posterior del cristalino, fibras posteriores de la zónula y parte del cuerpo ciliar por delante y el resto por retina. Está ocupada por el humor vítreo (HV) (4'5 ml).

Su eje anteroposterior atraviesa una serie de estructuras transparentes cuya función es la de enfocar nítidamente las imágenes sobre la retina.

Está formado por tres capas concéntricas:

A. *Túnica externa*: córnea y esclerótica.

B. *Túnica media o vascular*: úvea, formada por el iris y el cuerpo ciliar (estos dos forman la úvea anterior) y coroides (úvea posterior).

C. *Túnica interna*: retina.[2]

- A. *Túnica externa*: es la de mayor consistencia, da al globo su forma constante y contribuye al mantenimiento de la presión intraocular.

A.1. CÓRNEA

La córnea es la porción anterior clara y transparente de la túnica externa del globo ocular. Es la superficie refractante mayor del ojo y la más sensible del cuerpo, dada la abundancia de fibras nerviosas que contiene. La córnea está constituida por cinco capas que de fuera adentro son:

- a) Epitelio, estrato superficial que renueva constantemente sus células. Es uno de los tejidos que se regenera más rápidamente.
- b) Membrana de Bowman, posee escasa capacidad regenerativa.
- c) Estroma, contribuye a la transparencia corneal y a la alta calidad como superficie óptica junto con la tasa de hidratación y la ausencia total de vasos. El tejido estromal proporciona una gran elasticidad y resistencia.

- d) Membrana de Descemet, es la más resistente de las capas corneales.
- e) Endotelio, su función principal es el transporte de sustancias osmóticamente activas y mantenimiento del balance hídrico junto al epitelio, entre el epitelio y la membrana de Bowman.

La córnea presenta una abundante inervación sensitiva a cargo del trigémino. Al llegar a córnea sus fibras pierden la mielina y se distribuyen en forma de plexo entre el epitelio y la membrana de Bowman. La fisiología corneal y su trofismo depende en gran medida de esta inervación, siendo su máximo exponente patológico la queratitis neurotrófica o neuroparalítica.

Su función fisiológica principal es mantener la superficie del ojo lisa y transparente, mientras protege el contenido intraocular. Se continúa con la esclerótica. Tanto por delante como por detrás se encuentra la córnea bañada por líquidos, que le proporcionarán los elementos nutrientes para el metabolismo corneal, dado que no tiene vasos sanguíneos. La lágrima humedece el epitelio corneal o cara anterior y el HA hacen posible la nutrición desde la cara posterior o endotelial.

A.2. ESCLERÓTICA O ESCLERA

La esclerótica o esclera es la túnica que junto con la córnea, forma la túnica fibrosa externa del globo ocular. Constituye el esqueleto del globo ocular. Está compuesta de haces de tejido conjuntivo y fibras elásticas que le dan una consistencia fuerte, permitiéndole mantener la forma del ojo a pesar de alcanzar un espesor máximo de 1 mm. En su parte delantera presenta las inserciones de los músculos extrínsecos del ojo, y en el polo posterior, la salida del nervio óptico, la vena central de la retina y accede al interior del ojo la arteria central de la retina. Existe una zona especial de transición entre esclera y córnea y constituye la pared externa del ángulo iridocorneal (*LIMBO ESCLEROCORNEAL*). A este nivel existen estructuras de drenaje del HA,

además de ser una zona de abordaje quirúrgico para determinadas técnicas. Su límite anterior lo constituye la membrana de Bowman y la de Descemet, delimitando su límite posterior un plano perpendicular a la superficie del ojo que pasaría por el espolón escleral.

La salida de HA se produce a través de dos vías:

- *Trabecular*: dependiente de la presión.
- *Uveoescleral*: no dependiente de la presión, sale directamente al cuerpo ciliar y la coroides, para ser absorbido por los vasos sanguíneos.

B. *Túnica media o vascular*: denominada úvea.

B.1. IRIS

El iris es una membrana situada detrás de la córnea e inmediatamente delante del cristalino. Forma parte de la úvea anterior. Es la parte que da el color que caracteriza a los ojos (marrón, castaño, azul, verde, etc.). Es de color variable, de forma circular y está perforada en su centro por una abertura también circular (pupila), cuyo tamaño varía por la acción del músculo esfínter y dilatador de la pupila que, de manera refleja, controlan la cantidad de luz que entra en el ojo. La contracción pupilar no sólo se produce en el ojo expuesto a un aumento en la iluminación, sino que también se manifiesta en el otro ojo (contracción consensual).

B.2. CUERPO CILIAR

El cuerpo ciliar se compone de los procesos ciliares y el músculo ciliar, que lleva a cabo la acomodación o enfoque del cristalino. Los procesos ciliares, en extremo vasculares, sirven para la secreción de los líquidos nutricios del interior que alimentan especialmente a la córnea, al cristalino y al vítreo. Es la estructura especializada en la producción del HA ocular, que será necesario en el mantenimiento de la anatomía y fisiología del segmento anterior del ojo (las

partes fundamentales que conforman este segmento anterior ocular son la córnea, el iris y el cristalino).

El *HA* es un líquido cuya composición se asemeja a la del plasma con supresión de casi todas las proteínas. Contribuye al mantenimiento de la presión intraocular, y facilita el metabolismo del cristalino, y de la córnea que carecen de vasos. Secretado por el cuerpo ciliar fluye en la CP entre el iris y el cristalino, desde aquí pasa a la CA a través de la pupila. También es el responsable en gran medida del mantenimiento de un adecuado tono o tensión ocular.

El *cristalino* es una lente, un órgano encapsulado, de forma lenticular, transparente, biconvexo, formado por una serie de laminillas concéntricas. Suspendido de los procesos ciliares por filamentos es una esfera hueca de células epiteliales. La función del cristalino, junto con la córnea consiste en enfocar los rayos de manera que formen la imagen sobre la mácula. Su poder refringente varía según la distancia a la que se sitúe el objeto. La modificación en la refringencia del cristalino - acomodación - se produce con el cambio en su forma por acción del músculo ciliar.

El *cuerpo vítreo* es una masa transparente, incolora, de consistencia blanda, que ocupa la cavidad posterior del globo ocular. Situado entre el cristalino, el cuerpo ciliar y la retina, constituye el volumen más amplio del ojo. Carente de vasos, se nutre de los tejidos próximos: coroides, cuerpo ciliar y retina.

B.3. COROIDES

La coroides constituye la mayor parte de la región uveal posterior. Se sitúa entre la esclerótica y la retina. Se compone principalmente de vasos sanguíneos que le confieren su color pardusco. Tiene como función primaria nutrir la retina, el cuerpo vítreo y el cristalino. Su riqueza en células pigmentarias le confiere un papel de pantalla a la luz y su naturaleza vascular

la hace membrana nutricia del ojo. La capa coroidea gracias a su rica vascularización cumple una función nutritiva - de las capas más externas de la retina- y una función reguladora de la temperatura ocular - disipar el excesivo calor producido por la luz que absorben los melanocitos del epitelio pigmentario de la retina (EPR) -. Su elevada permeabilidad permite un fácil aporte de vitamina A a los fotorreceptores a través del EPR.

C. Túnica interna o neurosensorial: es la capa o túnica nerviosa (la retina) que se continúa por delante con la capa profunda del cuerpo ciliar y del iris.

C.1. RETINA

La retina es la capa más interna del ojo, situada entre la coroides y el cuerpo vítreo. Entre otros elementos está constituida por una expansión del nervio óptico (NO). Es una estructura compleja, con numerosos tipos de células y una disposición anatómica en diez estratos o capas. En las más externas están los elementos celulares encargados de la transformación de la energía luminosa en energía bioeléctrica (fotorreceptores) mientras que las más internas están encargadas de la transmisión de dicha energía, conduciendo el estímulo visual hacia el cerebro y representando el primer escalón de la vía óptica. Las primeras neuronas de esta vía óptica son las células bipolares; las segundas las ganglionares. La zona anatómica más importante de la retina es la mácula. Es la retina central y a ese nivel aparece únicamente un tipo de fotorreceptores que se denominan conos. En la retina periférica los fotorreceptores predominantes son denominados por su forma más alargada bastones; éstos aumentan en número o densidad a medida que nos alejamos de la zona macular al tiempo que disminuyen los conos. Los conos son sensibles a la luz intensa y su riqueza en pigmentos fotosensibles les confiere la capacidad de discriminar los colores. Los bastones están dotados de un pigmento que les permite generar sensación visual en condiciones de baja iluminación y en la oscuridad; no pueden percibir los colores pero están muy capacitados, gracias también a las conexiones interneuronales, para percibir los movimientos de los objetos dentro del espacio en el que originan estímulos

visuales que pueden ser captados por el ojo estático (esa porción de espacio será denominada campo visual). Por lo tanto, a los conos conciernen la AV y la discriminación del color con iluminación de gran intensidad. A los bastones corresponde la visión con iluminación escasa[3].

En el punto correspondiente al eje del globo ocular sobre la superficie interna, la retina presenta una extensión avascular, la mácula lútea, en cuyo centro se encuentra una pequeña depresión, la *fóvea central*. Provista de una gran concentración de conos, y casi sin bastones constituye la zona de la visión nítida. A unos 3 mm hacia el lado interno del polo posterior del ojo, se encuentra la cabeza del NO (papila), zona constituida por fibras nerviosas sin poder visual, motivo por el cual se llama también punto ciego. En el resto de la retina existe abundancia de bastones y la concentración de conos decrece paulatinamente a medida que aumenta la distancia a la mancha amarilla.

VÍA ÓPTICA

El sistema visual se inicia en el globo ocular y continúa por las vías ópticas hasta llegar a los centros ópticos. Esta estructura es la encargada de transmitir los impulsos nerviosos originados en la retina hasta el córtex occipital, donde tiene lugar la visión. Las vías ópticas, que transportan los estímulos luminosos, están representados por dos nervios ópticos, el quiasma óptico y las dos bandas o cintillas ópticas, el tálamo y las radiaciones ópticas. La vía óptica tiene una estructura compleja y permite que la información que procede de los dos ojos se mezcle de manera que cada hemisferio cerebral recibirá parte de los estímulos recogidos por cada uno de los ojos.

El ojo humano funciona de tal manera que permite la transformación de la energía de la luz en una energía bioeléctrica que recorre la vía óptica y llega al cerebro. Es en este nivel en el que se procesa la información, y por la diferente modulación de la corriente originada por cada tipo de estímulo se realiza la interpretación de la imagen visual.

En líneas generales, podemos resumir esta distribución de fibras como sigue:

- La retina quedaría dividida por una línea vertical que pasaría por la mácula en dos grandes campos, retina nasal la interna y retina temporal la externa. Las fibras nerviosas, axones de las células ganglionares, procedentes de la retina temporal quedan dispuestas en la parte lateral o externa del NO y las fibras que se originan en la retina nasal se colocan en la parte medial o interna. Además están ordenadas de modo que las fibras procedentes de la parte superior de la retina quedan en posición superior en el NO y las relacionadas con la retina inferior están en la parte inferior del nervio.
- A nivel del quiasma óptico (QO) tiene lugar la mezcla o cruce de la información procedente de ambos ojos, de modo que las fibras nasales se cruzan en su totalidad, permaneciendo en su lado las fibras temporales.
- De este modo en las cintillas ópticas encontramos fibras de la retina temporal del ojo del mismo lado y fibras de la retina nasal del ojo contralateral. Más concretamente, en la cintilla derecha hay fibras temporales del ojo derecho y nasales del izquierdo y en la cintilla izquierda se reúnen las fibras temporales del ojo izquierdo con las nasales que provienen de la retina del ojo derecho.
- Las cintillas llegan al tálamo, estructura del diencefalo, en el que tiene lugar la sinapsis o unión con la tercera neurona de todas las vías sensibles del organismo. La escala de las fibras implicadas en la visión tiene lugar en el denominado cuerpo geniculado externo (CGE).
-
- Desde el CGE talámico los estímulos visuales son conducidos a la zona occipital cerebral por las radiaciones ópticas. Las radiaciones del hemisferio cerebral derecho proceden de las mitades derechas de las retinas - temporal del ojo derecho (OD) y nasal del ojo izquierdo (OI) -. Las fibras superiores, originadas en la retina superior, terminan por encima de la cisura calcarina y las

fibras inferiores realizan sus sinapsis por debajo de la misma. Las radiaciones ópticas del hemisferio izquierdo proceden de la retina temporal del OI y de la nasal del OD (mitades izquierdas de las retinas).

- La retina recoge la sensibilidad de forma cruzada de manera que las hemirretinas derechas son estimuladas por luz y objetos localizados espacialmente a la izquierda del observador y al contrario en el caso de las retinas izquierdas. Llamamos hemirretinas derechas a la mitad derecha (nasal) de la retina del OI y a la mitad temporal del OD. Son hemirretinas izquierdas la temporal del OI y la nasal del OD. De esta forma, y debido a la disposición de las fibras a lo largo del proyecto de la vía óptica, el lóbulo occipital derecho recoge la información visual de lo que acontece a la izquierda del observador y el lóbulo occipital izquierdo procesará los estímulos originados por la luz y los objetos situados a la derecha.

El ojo humano funciona de tal manera que permite la transformación de la energía de la luz en una energía bioeléctrica que recorre la vía óptica y llega al cerebro. Es en este nivel en el que se procesa la información, y por la diferente modulación de la corriente originada por cada tipo de estímulo se realiza la interpretación de la imagen visual.

MOTILIDAD OCULAR

El ojo gira libremente en todas las direcciones gracias a sus seis músculos -los músculos extrínsecos - los cuatro rectos y los dos oblicuos, que tienen su origen en las paredes de la órbita y se insertan en la esclerótica.

Ambos ojos se mueven simultáneamente (movimientos asociados), regulados por centros de asociación que inervan grupos de músculos de los dos ojos al mismo tiempo.

EL OJO COMO SISTEMA ÓPTICO

El ojo se puede considerar como un sistema óptico compuesto concéntrico ya que posee una serie de estructuras encargadas del correcto enfoque de los haces de luz que deben ser proyectados sobre la retina con la mayor nitidez posible para una correcta visión. El ojo tiene un funcionamiento similar a una cámara oscura cuyo objetivo está constituido por el conjunto de medios transparentes que, de fuera a dentro, son la capa delgada de lágrimas, la córnea, el HA, el cristalino, el HV y las primeras capas de la retina, previa a los conos y los bastones. La transparencia, curvatura e índice de refracción de los diversos medios, así como la regularidad de las superficies limitantes, dan como resultado la formación de la imagen al nivel de la capa sensible de la retina.

Tal disposición permite a los rayos que penetran en el ojo converger progresivamente hasta unirse a la capa sensible de la retina, formando la imagen de objetos. Esto ocurre en el ojo emétrope u ojo ópticamente normal.

El primer dióptrio que se encuentra la luz en su camino hacia la retina es la córnea que se puede considerar como una lente convergente de unas 43 dioptrías de potencia. A continuación los haces luminosos encuentran el HA que tiene menos importancia porque su índice de refracción es 1.33, similar al de la córnea y apenas modifica la trayectoria. La segunda lente está constituida por el cristalino, que a diferencia de la córnea tiene un poder refractivo variable, ya que su forma puede ser modificada por la acción del músculo ciliar, que aumenta o disminuye su grosor según sea necesario para el enfoque de las imágenes en función de la distancia a que se encuentren los objetos. Este mecanismo de enfoque se conoce como acomodación y es de gran importancia en la visión cercana (menos de 6 metros). El acto de la acomodación se acompaña de la contracción de la pupila y de la convergencia de las líneas visuales.

El grado de acomodación ha de variar para cada distancia a la que se sitúe el objeto, no pudiendo estar adaptado a la vez para dos distancias diferentes. De ahí que mientras se mira a lo lejos, los objetos distantes aparezcan claros y los cercanos, nublados. Debido a que los rayos paralelos, procedentes de los objetos lejanos, se reúnen en la retina y los que provienen de los objetos cercanos, divergentes, se enfocan detrás de la retina. Ahora bien, cuando aumenta el poder refringente del ojo por la acomodación, los rayos paralelos provenientes de los objetos lejanos se enfocan delante de la retina y los divergentes, procedentes de los objetos cercanos, se enfocan en la retina. Aquellos aparecen borrosos y éstos, con nitidez.

Una vez superado el cristalino, los haces tienen que atravesar el HV, medio que tampoco tiene gran influencia en la refracción.

Dada la gran potencia refractiva de la córnea y del cristalino, el foco del sistema óptico se encuentra en la cámara vítrea, lo que hace que los rayos inviertan su trayectoria y formen una proyección “al revés” sobre la retina. Esta imagen invertida será corregida una vez que llegue a la corteza cerebral, donde cada punto será “recolocado” en su verdadera posición.

2.1.2 Sistemas relacionados con el sistema visual:

2.1.2.a Sistema auditivo y respuesta motora

Las sensaciones auditivas en el ser humano son un proceso extraordinariamente complejo, el cual se desarrolla en tres etapas básicas:

- A. Captación y procesamiento mecánico de las ondas sonoras.
- B. Conversión de la señal acústica (mecánica) en impulsos nerviosos, y transmisión de dichos impulsos hasta los centros sensoriales del cerebro.

C. Procesamiento neural de la información codificada en forma de impulsos nerviosos.

La captación, procesamiento y transducción de los estímulos sonoros se llevan a cabo en el oído propiamente dicho, mientras que la etapa de procesamiento neural, en la cual se producen las diversas sensaciones auditivas, se encuentra ubicada en el cerebro. Así pues, se pueden distinguir dos regiones o partes del sistema auditivo: la región periférica, en la cual los estímulos sonoros conservan su carácter original de ondas mecánicas hasta el momento de su conversión en señales electroquímicas, y la región central, en la cual se transforman dichas señales en sensaciones.

En la región central también intervienen procesos cognitivos, mediante los cuales se asigna un contexto y un significado a los sonidos[4], es decir, permiten reconocer una palabra o determinar que un sonido dado corresponde a un determinado objeto.

El oído o región periférica se divide usualmente en tres zonas, llamadas oído externo, oído medio y oído interno, de acuerdo a su ubicación en el cráneo. Los estímulos sonoros se propagan a través de estas zonas, sufriendo diversas transformaciones hasta su conversión final en impulsos nerviosos. Tanto el procesamiento mecánico de las ondas sonoras como la conversión de éstas en señales electroquímicas son procesos no lineales[5,6], lo cual dificulta la caracterización y modelado de los fenómenos perceptuales.

El oído externo está formado por el pabellón auricular u oreja, el cual dirige las ondas sonoras hacia el conducto auditivo externo a través del orificio auditivo. El otro extremo del conducto auditivo se encuentra cubierto por la membrana timpánica o tímpano, la cual constituye la entrada al oído medio. La función del oído externo es la de recolectar las ondas sonoras y encauzarlas hacia el oído medio. Asimismo, el conducto auditivo tiene dos propósitos adicionales: proteger las delicadas estructuras del oído medio contra

daños y minimizar la distancia del oído interno al cerebro, reduciendo el tiempo de propagación de los impulsos nerviosos[4].

El oído medio está constituido por una cavidad llena de aire, dentro de la cual se encuentran tres huesecillos, denominados martillo, yunque y estribo, unidos entre sí en forma articulada. Uno de los extremos del martillo se encuentra adherido al tímpano, mientras que la base del estribo está unida mediante un anillo flexible a las paredes de la ventana oval, orificio que constituye la vía de entrada del sonido al oído interno.

Finalmente, la cavidad del oído medio se comunica con el exterior del cuerpo a través de la trompa de Eustaquio, la cual es un conducto que llega hasta las vías respiratorias y que permite igualar la presión del aire a ambos lados del tímpano.

El oído interno representa el final de la cadena de procesamiento mecánico del sonido, y en él se llevan a cabo tres funciones primordiales: filtraje de la señal sonora, transducción y generación probabilística de impulsos nerviosos [7].

En el oído interno se encuentra la cóclea o caracol, la cual es un conducto rígido en forma de espiral de unos 35 mm de longitud, lleno con dos fluidos de distinta composición. El interior del conducto está dividido en sentido longitudinal por la membrana basilar y la membrana de Reissner, las cuales forman tres compartimientos o escalas. La escala vestibular y la escala timpánica contienen un mismo fluido (perilinf), puesto que se interconectan por una pequeña abertura situada en el vértice del caracol, llamada helicotrema. Por el contrario, la escala media se encuentra aislada de las otras dos escalas, y contiene un líquido de distinta composición a la perilinf (endolinf).

La base del estribo, a través de la ventana oval, está en contacto con el fluido de la escala vestibular, mientras que la escala timpánica

desemboca en la cavidad del oído medio a través de otra abertura (ventana redonda) sellada por una membrana flexible (membrana timpánica secundaria).

Sobre la membrana basilar y en el interior de la escala media se encuentra el órgano de Corti, el cual se extiende desde el vértice hasta la base de la cóclea y contiene las células ciliares que actúan como transductores de señales sonoras a impulsos nerviosos. Sobre las células ciliares se ubica la membrana tectorial, dentro de la cual se alojan las prolongaciones o cilios de las células ciliares externas.

Dependiendo de su ubicación en el órgano de Corti, se pueden distinguir dos tipos de células ciliares: internas y externas. Existen alrededor de 3500 células ciliares internas y unas 20000 células externas [8]. Ambos tipos de células presentan conexiones o sinapsis con las fibras nerviosas aferentes (que transportan impulsos hacia el cerebro) y eferentes (que transportan impulsos provenientes del cerebro), las cuales conforman el nervio auditivo. Sin embargo, la distribución de las fibras es muy desigual: más del 90% de las fibras aferentes inervan a las células ciliares internas, mientras que la mayoría de las 500 fibras eferentes inervan a las células ciliares externas [6],[8].

Los impulsos nerviosos generados en el oído interno contienen (en forma codificada) información acerca de la amplitud y el contenido espectral de la señal sonora; estos dos parámetros están representados por la tasa de impulsos y la distribución de los mismos en las distintas fibras, respectivamente [7].

Las fibras nerviosas aferentes llevan esta información hasta diversos lugares del cerebro[8]. En éste se encuentran estructuras de mayor o menor complejidad, encargadas de procesar distintos aspectos de la información.

Por ejemplo, en los centros "inferiores" del cerebro se recibe, procesa e intercambia información proveniente de ambos oídos, con el fin de determinar la localización de las fuentes del sonido en el plano horizontal en función de los retardos interaurales, mientras que en los centros "superiores" de la corteza existen estructuras más especializadas que responden a estímulos más complejos [6]. La información transmitida por el nervio auditivo se utiliza finalmente para generar lo que se conoce como "sensaciones".

Hasta ahora se ha visto que las distintas partes del sistema auditivo son susceptibles de ser modeladas matemáticamente, en términos de su comportamiento como sistemas físicos. Se podría por tanto pensar que el modelo perceptual ideal es aquel que simula, en términos de los procesos físicos y fisiológicos, todas las etapas del sistema auditivo, incluyendo la etapa de procesamiento neural en el cerebro.

Sin embargo, la comprensión que se tiene acerca de lo que ocurre en las estructuras cerebrales es muy limitada, especialmente en lo relativo a los centros "superiores" del cerebro [6]. Por lo tanto, es necesario recurrir a la descripción psicoacústica de los fenómenos perceptuales y de las sensaciones.

Las respuestas al sonido reflejas y adquiridas, requieren de la integración entre sistemas sensitivos y sistemas motores. Además de en las interconexiones corticocorticales para la difusión de la información auditiva, también se produce esta integración en el tronco del encéfalo[1]. En la región del lemnisco lateral hay neuronas reticuloespinales cuyas dendritas comprueban el grado de actividad del lemnisco y participan en las vías del rápido *reflejo de sobresalto auditivo*. Además, las *capas profundas del tubérculo cuadrigémino superior* reciben información auditiva, del tubérculo cuadrigémino inferior y de las áreas corticales auditivas. Estas capas profundas integran información auditiva, visual y somatosensorial e inervan a núcleos del tronco del encéfalo y de la médula espinal cervical a través de fibras

tectobulboespinales, que intervienen en el control de la orientación de la cabeza, los ojos y el cuerpo hacia la fuente del sonido.

Cuando una persona tiene que realizar alguna acción en respuesta a un dado estímulo (visual, auditivo, táctil), transcurre un cierto tiempo entre la recepción del estímulo y la ejecución de la acción. Este intervalo de tiempo se conoce como *tiempo de reacción de una persona* [9]. El tiempo que tardamos entre la percepción del estímulo y la respuesta motora es el tiempo de reacción (los comúnmente denominados “reflejos”). Esto sucede, por ejemplo, cuando una persona que conduce un vehículo tiene que frenarlo luego de visualizar un obstáculo en el camino, o cuando un atleta en la línea de partida debe decidir que empieza la carrera después de que escucha la señal de largada dada por el juez de la competencia (*Tiempo de reacción simple*). Estas demoras en la reacción están reguladas por dos efectos. El primero es el tiempo de tránsito del estímulo en los órganos sensible correspondientes (ojo, oído, etc.). El segundo tiene que ver con el tiempo que pasa entre los impulsos nerviosos y el movimiento de los músculos.

Dentro del tiempo de reacción debemos distinguir entre *el tiempo de llegada del estímulo y el tiempo de decisión*.

- El *tiempo de llegada del estímulo* es el tiempo que tarda en llegar el estímulo a los sentidos de la persona. En el caso de ser un estímulo visual es instantáneo, pero de ser un estímulo sonoro, requiere un tiempo de propagación, que depende de la distancia.

- El *tiempo de decisión* es aquel que se emplea, una vez que el estímulo llega al cerebro, en decidir cómo reaccionar ante ese estímulo y en generar una respuesta. Hay diferentes tipos de decisiones que requieren tiempos diferentes.

-

Es evidente que a mayor cantidad de variables (estímulos y respuestas posibles), aumenta el tiempo de decisión, y también es más fácil equivocarse.

Para medir el tiempo de reacción ante estímulos visuales y auditivos se recurre a los estudios de potenciales evocados que se utilizan para medir la actividad eléctrica del cerebro en respuesta a estímulos visuales, auditivos o táctiles. Los estímulos que se envían al cerebro a través de cada uno de estos sentidos provocan minúsculas señales eléctricas que se trasladan por los nervios y la médula espinal hasta regiones específicas del cerebro; los electrodos las registran, las amplifican y las muestran en una pantalla para que el médico las interprete.

Los estudios de potenciales provocados comprenden tres exámenes principales que miden la respuesta a los estímulos visuales, auditivos y eléctricos.

- A. Examen de respuesta evocada visual (VER) : puede diagnosticar problemas con los nervios ópticos que afectan a la vista. Se colocan electrodos en el cuero cabelludo. Se pide al paciente que observe una luz en un patrón cuadrículado similar a un tablero de ajedrez durante varios minutos en una pantalla, y se registran las respuestas eléctricas en el cerebro.

- B. Examen de respuesta provocada auditiva del tronco encefálico (BAER): puede diagnosticar problemas auditivos e indicar la presencia de tumores en el tronco encefálico y esclerosis múltiple. Se colocan electrodos en el cuero cabelludo y en los lóbulos de las orejas. Se envían estímulos auditivos, por ejemplo, ruidos y tonos similares a chasquidos, a un oído.

- C. Examen de respuesta evocada somatosensorial (SSER) : puede detectar problemas con la médula espinal y entumecimiento y debilidad de las extremidades. Para realizar este examen, se adhieren electrodos a la muñeca, en la parte posterior de la rodilla o en otras zonas. Se aplica un suave estímulo eléctrico a través de los electrodos. Los electrodos colocados en el cuero cabelludo pueden determinar la cantidad de tiempo que tarda la corriente en desplazarse por el nervio y llegar al cerebro.

Un procedimiento relacionado que puede realizarse es un electroencefalograma (EEG) que mide la actividad eléctrica espontánea del cerebro.

Los estudios de potenciales evocados pueden utilizarse para evaluar la audición o la vista, en especial en bebés y niños, para diagnosticar trastornos del nervio óptico y para detectar tumores u otros problemas que afectan el cerebro y la médula espinal. También pueden utilizarse para evaluar el funcionamiento del cerebro durante un coma.

2.1.2.b Agudeza visual y respuesta pupilar

AGUDEZA VISUAL

La *agudeza visual* (AV) es la medida de la capacidad del sistema visual para detectar, reconocer o resolver detalles espaciales en un test de alto contraste y con un buen nivel de iluminación. Es la capacidad del ojo para distinguir como diferentes dos objetos, luminosos o iluminados, situados relativamente próximos entre sí y a una distancia determinada del observador. Cuando los dos objetos se alejan del ojo más allá de un determinado límite, es imposible distinguirlos. Esto ocurre porque las láminas de los dos objetos se forman en el mismo lugar de la parte sensible de la retina del ojo.

Geométricamente, la agudeza visual está limitada por el ángulo formado entre las líneas que parten del ojo y pasan tangentes a los bordes más próximos de los objetos. Dicho ángulo es, por término medio, igual aproximadamente a un sesentavo de grado, pero puede variar en más o en menos, según un relativo número de factores ópticos y psicológicos.

La agudeza visual está influida por los siguientes factores ópticos:

- nivel de iluminación,
- uniformidad de iluminación,
- contraste con luces de colores diferentes,
- deslumbramiento,
- sombra de objetos sobresalientes e iluminados,
- incertidumbre e intermitencia de la luz, etc.

Existen además otros factores debidos al cansancio, al estado de tensión por haber repetido varias veces las observaciones, al tiempo disponible para la distinción, etc.

La agudeza visual tiene gran importancia en la conducción de un vehículo, puesto que precisamente esta propiedad del ojo permite distinguir, a distancias más o menos grandes, las características de la carretera, las señales de tráfico, los obstáculos de la calzada, etc.

Por tanto, es lógico que la ley sólo permita conducir a aquellas personas que tengan un mínimo de agudeza visual. Los controles han de efectuarse en condiciones características y constantes así, distancia fija y serie de 10 grupos de letras, de dimensiones progresivamente crecientes colocadas en un tablero con una iluminación suficiente y uniforme. Los resultados se expresan en décimas en función de la numeración de la serie de letras, con dimensiones diferentes, que el individuo ha conseguido leer sin error. El empleo de las letras facilita el control, pero también pueden emplearse otros signos especiales, como los anillos de Landolt.

Los límites que se fijan para la agudeza varían ligeramente en los distintos países y en general son mucho más estrictos para los permisos de las clases superiores (para la conducción de vehículos públicos o pesados). Los límites se aplican con cristales correctores o sin ellos, si bien en el primer caso, en el certificado médico de aptitud (necesario para la obtención del permiso) debe expresarse la obligatoriedad de utilizar cristales correctores durante la conducción y llevar unas gafas de repuesto.

Conviene advertir que, de hecho, la agudeza visual se reduce enormemente por los defectos de la vista (miopía, hipermetropía o astigmatismo), aunque, como se indicó, puede corregirse por medio de lentes. En la aplicación práctica de la seguridad de la circulación en carretera, los límites ópticos fisiológicos de la agudeza visual han obligado a emplear señales (hoy internacionales) codificadas que hacen más rápido y seguro su avistamiento, limitando los carteles escritos únicamente para casos absolutamente necesarios, con la condición de emplear caracteres cúbicos cuando la circulación sea muy veloz, como ocurre en las autopistas.

Los semáforos de tres colores representan indudablemente el más típico ejemplo de lo que es la circulación con señalización codificada, pero existen muchísimos más: luces blancas o amarillas en la parte delantera y rojas en la parte trasera de los vehículos; forma y color de las señales verticales en la carretera diferentes de las señales de peligro, obligatorias, prohibitivas o de indicación; empleo en dichas señales de signos convencionales; señales de color en la calzada que contrastan con el fondo oscuro de la calzada según su importancia, y distinción de obstáculos por medio de bandas alternas blancas y negras.

Los límites según la actual legislación vigente se reflejan en la TABLA 1 [10] (ANEXO A.1). Se ve que sólo se evalúa la visión lejana, sin considerar que en la conducción también juegan un papel importante la visión intermedia y cercana, que nos permiten una buena visión del cuadro de mando

así como de la palanca de cambios o los retrovisores. Este aspecto no es evaluado durante los reconocimientos visuales, pero convendrían valorar su importancia, ya que en la conducción intervienen muchos factores.

Si se comparan los requisitos solicitados para el grupo 1 y 2, se observa que los que se deben cumplir en el grupo 2 son más estrictos, mientras que en el 1 sólo se considera la AV binocular y se permite la conducción con algunas limitaciones monoculares.

En el grupo 2, bajo ningún concepto se permite la monocularidad, y dentro de las binoculares hay condiciones para cada ojo respecto a la graduación.

Existe cierta discrepancia en estas limitaciones, ya que hay personas que conducen vehículos pertenecientes al grupo 1 en sus trabajos o durante largos periodos de tiempo. Por ello, se critica que la legislación sea tan flexible en algunos casos, considerándose positivo que un profesional tenga criterios más estrictos. Pero, por otro lado, no se debería olvidar a estos profesionales del grupo 1 y darse cuenta de que el límite de agudeza visual para ellos es muy bajo, ya que una AV de 0.6 se relaciona con una presencia de miopía, la cual, como ya se detallará más adelante, se incrementa por la noche.

A la hora de evaluar, es importante tener en cuenta la iluminación ambiental, así como el tipo de optotipos, siendo los retroiluminados los menos recomendables, al presentar una imagen no uniforme. También se recomienda que se tenga en cuenta el tamaño de la pupila (si la pupila es menor de 4 mm, la medida carece de valor). No sólo es importante la iluminación del optotipo. También es interesante la iluminación ambiental.

Los factores que influyen a la hora de evaluar la agudeza visual. Se dividen en varios grupos:

1. Factores del estímulo

a. LUMINANCIA

Entendiéndose por tal, el flujo luminoso emitido por unidad de área proyectada de la superficie de un material luminoso en la dirección normal y por unidad de ángulo sólido. La AV mejora al aumentar la luminancia del test hasta alcanzar un valor de 102 cd/m² (candelas por metro cuadrado) donde el crecimiento es más lento. En condiciones escotópicas la miopía nocturna aumenta a medida que disminuye la luminancia.

b. CONTRASTE

Nunca debe ser menor de 0,85. La AV disminuye con el contraste de manera lineal.

c. COMPOSICIÓN ESPECTRAL DE LA LUZ.

La agudeza visual es menor cuando utilizamos luz azul que cuando se usa luz blanca.

2. Factores ópticos

a. DESENFQUE

La agudeza visual. varía de forma inversamente proporcional a cierta potencia del desenfoque.

b. PUPILA

Las pupilas grandes degradan la calidad de la imagen y disminuyen, por tanto, la AV En pupilas pequeñas, sin embargo, se minimiza el efecto de las aberraciones y se obtiene una máxima AV Por la noche, con el aumento del diámetro pupilar, existe una disminución de la agudeza visual, lo cual puede ocasionar cierta inseguridad en la conducción nocturna. Este factor no ha sido considerado a la hora de la elaboración de la actual normativa que se está analizando (Real Decreto 772/1997, de 30 de

mayo, modificado por Real Decreto 1598/2004, de 2 de julio). En condiciones de baja luminancia aparece la miopía nocturna, cuyos valores medios suelen estar entre -0,5 y -1,0D. Considerando una miopía nocturna de -0,5D, en un paciente con la AV fotópica al límite en 0,5, esto se traduce en una disminución de un 15%-20% de la A.V., lo cual equivale a una A.V. de 0,4, que es bastante deficiente para poder leer los carteles con antelación.

c. ACOMODACION.

3. Factores neutrales

- a. Mosaico de receptores.
- b. Adaptación.
- c. Localización retiniana.

4. Otros factores

Además de los factores que se acaban de comentar, existen otros que también influyen en la agudeza visual y dependen del sujeto, como la fatiga ocular, relacionada con los defectos de refracción y su corrección (miope, hipermetrope y, sobre todo, en el de tipo astigmático), trastornos de la movilidad ocular (forias, estrabismo, nistagmus, etc.), sequedad y consumo de tabaco, alcohol, medicamentos y drogas.

Legalmente, la ingestión de fármacos impide conducir cuando altera las facultades que afectan a la conducción. Generalmente se establece que las benzodiazepinas y los antihistamínicos pueden afectar a la capacidad de conducir, por el consiguiente superiores a 3.5 UL psb a los 30 segundos, ni una recuperación al deslumbramiento mayor a los 50 segundos con un flujo luminoso de entre 1.000-1.500 lux a 5 m de distancia. Por ello, es importante que la iluminación de las autopistas, autovías, así como de las vías urbanas e interurbanas, cumpla los requisitos establecidos mediante la normativa CIE 88/2004.

En el caso de que exista alteración de la visión mesópica, no se podrá conducir durante la puesta y salida del sol. Esto sucede especialmente en personas mayores y con cataratas, ya que requiere más tiempo para adaptarse a la oscuridad, así como a los cambios de iluminación. Estas complicaciones pueden aumentar el riesgo de accidente, ya que es una conducción más insegura. En este apartado no existen diferencias importantes entre los requisitos solicitados según los distintos grupos de permisos de conducir.

RESPUESTA PUPILAR

La pupila es un orificio circular en el centro del iris que se abre y se cierra gracias a dos músculos. Estos músculos oculares son los encargados de controlar las variaciones de tamaño de la pupila de manera involuntaria. Estos músculos son:

- *El esfínter del iris*, controlado por las fibras simpáticas, es el que posibilita la contracción por medio de unas fibras llamadas parasimpáticas. Cuando se contrae cierra la pupila, y esto ocurre gracias al estímulo que viene desde el cerebro a través del III Par Craneal.
- *El dilatador del iris*, encargado de abrir la pupila gracias a la *estimulación del cerebro* a través de lo que se denomina vía simpática. Es por lo que en estado de alerta o miedo la pupila se dilata.

La respuesta pupilar se lleva a cabo por el reflejo fotomotor - *reacción de la pupila* ante un estímulo de la luz - , es decir, la contracción o la dilatación de la pupila en función de la cantidad de luz a la que los ojos se exponen y que hace que la pupila se cierre con la luz gracias a la *contracción del esfínter de la pupila* y que se abra en la oscuridad gracias a la *relajación* de ese músculo al no recibir ningún estímulo. Cuando hay un aumento del diámetro de la pupila se le llama *midriasis* y, en el caso contrario, a la

contracción de la pupila se la denomina *miosis*. Tanto en la contracción como en la dilatación, la pupila cambia de tamaño a la vez en los dos ojos.

En condiciones normales, el cambio de diámetro de las pupilas se produce al unísono en ambos ojos cuando alguno de ellos recibe un estímulo lumínico. En el caso de la contracción de la pupila del ojo que está recibiendo la luz, el reflejo se llama *reflejo fotomotor directo* y en el caso en el que la contracción es la de la pupila del ojo que no está recibiendo la luz, el reflejo se denomina *reflejo fotomotor consensual*.

Normalmente, el diámetro de la pupila es de entre 3 y 4,5 *milímetros*. En condiciones de oscuridad la pupila puede alcanzar un tamaño de **5 a 9 milímetros** [11].

El estímulo luminoso que llega al ojo, llega hasta *la retina* y se transforma, mediante una reacción química, en un estímulo eléctrico que se transmite por el nervio óptico y las vías visuales hasta el cerebro. Los nervios ópticos se entrecruzan en el *quiasma* haciendo que la información del ojo derecho llegue tanto a la parte derecha del cerebro como a la izquierda. Así pues, y una vez el estímulo es recibido, el cerebro manda la orden de cierre de la pupila al *III nervio craneal derecho e izquierdo*, que son los encargados de llevarla a ambos ojos. Por eso, cuando se estimula con la luz un único ojo se cierran por igual *las dos pupilas*. [12],[13],[14],[15],[16],[17],[18],[19],[20].

2.2 NIVELES DE ALCOHOL Y EFECTOS SOBRE EL SER HUMANO

El alcohol etílico es una molécula de estructura sencilla (dos átomos de carbono, 6 de hidrógeno y uno de oxígeno). Es transparente y tiene consistencia líquida a temperatura ambiente. Su densidad (0,8 g/mL) es menor que la del agua (1 g/mL). Cuando es ingerido o inyectado llega, por medio del torrente circulatorio, a todos los rincones del organismo (aunque tiene más dificultad para alcanzar los tejidos grasos). Cruza las membranas plasmáticas de las células, haciéndose hueco entre sus lípidos y proteínas constituyentes y se pone en contacto con todo el aparato molecular que encierran: sistemas metabólicos, transporte vesicular, maquinaria de síntesis y reparto de las proteínas, señalización química intracelular o tráfico de macromoléculas entre el núcleo y el citoplasma, entre otros.

El etanol o alcohol etílico es un alcohol alifático, líquido, incoloro, insípido, inodoro, volátil a temperatura ambiente, inflamable, hidrosoluble y miscible en cloroformo y éter. El etanol es menos denso que el agua (densidad: 0,791 g/ml). Su peso molecular es de 48 Dalton y su fórmula química es $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$.

El alcohol etílico se obtiene de la fermentación anaeróbica de los hidratos de carbono, proceso conocido como «fermentación alcohólica», y por la destilación posterior. Según se trate de un procedimiento u otro, se conseguirán bebidas de diferente graduación; así por ejemplo, vinos, cervezas o champán surgen a partir de la fermentación de frutas o granos alcanzando la graduación de 10° en el caso de la fermentación de la uva, mientras que habrá que recurrir a la destilación para lograr ginebra, whisky, ron, etc. Por ejemplo, la fermentación y destilación de la baya de enebro produce la ginebra, con una graduación de 40° [21].

El alcohol etílico o etanol [22] es el componente fundamental de las bebidas alcohólicas destinadas al consumo, a la vez que es utilizado ampliamente como solvente, a veces desnaturalizado, y antiséptico.

Desde el punto de vista forense, las muestras más frecuentemente empleadas para el análisis toxicológico de la intoxicación aguda por etanol, son sangre y aire espirado, seguidas por orina y saliva [23].

- La detección del alcohol en el aire espirado es el método más práctico que existe actualmente para descartar una intoxicación etílica - *test de etanol en aire espirado*-. Esta detección es posible porque el etanol es una molécula de bajo peso molecular y se elimina por el aliento. Aproximadamente a los 15 minutos de haber ingerido una bebida alcohólica, la concentración de etanol en el aire espirado de origen alveolar refleja la concentración de etanol en la sangre que circula por los pulmones. El aparato que se emplea para esta detección en el aire espirado es denominado “*alcoholímetro*”, aparato por el que detectamos el volumen de etanol en el aire.

Existe una correlación entre la concentración de etanol en el aliento y la sangre alveolar de aproximadamente 2300/1, pero en España se emplea la de 2000/1. Esto significa que la concentración de etanol en 2 litros de aire equivale a la concentración de etanol en 1 ml de sangre alveolar.

La alcoholemia es la concentración de etanol o alcohol en sangre y, se mide en unidades de gramo por litro de sangre (g/l) o en mg/100 ml o mg/dl o mg/ml. La concentración de etanol en el aire espirado se mide en miligramos de etanol por litro de aire (mg/l).

En el *test de etanol en aire espirado* pueden plantearse diversos falsos positivos y negativos. Un falso positivo significa que se detecta positivo en el test de etanol en el aire espirado pero en realidad éste no está en la sangre o se están midiendo otros alcoholes o compuestos o elementos aromáticos

volatilizados. De forma teórica, esta situación puede contemplarse en el caso de:

- Presencia en el individuo de ayuno de larga duración o diabetes descompensada, por la interacción en la medición del etanol de los cuerpos cetónicos.
- Ingesta reciente de alcohol: se está detectando el alcohol que se ha quedado en la boca. En este caso, es necesario dejar pasar unos 15 minutos antes de realizar la prueba. También hay que tener precaución en caso de vómito o regurgitación reciente.
- Enjuague con colutorios mentolados o toma de caramelos o chicles con sustancias fuertemente mentoladas.
- Ingesta de medicamentos con alcoholes aromáticos.

Un falso negativo comporta que el *test de etanol en el aire espirado* no detecta nada pero realmente el sujeto supera el nivel de etanol permitido en sangre. Algunos factores implicados identificados son:

- Soplar con poca intensidad y que no llegue el aire alveolar sino el traqueal o bronquial al aparato, en el caso de una ingesta al menos una hora atrás. Esto podría dar falsos positivos si ha habido ingesta reciente de alcohol.
- Ingesta de almagato, que interfiere con la detección del aparato del etanol volatilizado.
- Haber mascado hierbabuena o granos de café, que tienen la capacidad de enmascarar el etanol volatilizado.

Los falsos positivos y negativos eran más habituales con los dispositivos de primera generación y se encuentran ampliamente reducidos en los actuales de muestreo (Alcotest® 7410 de Drager), siendo casi nulos en el Alcotest 7110 MK III de Drager, aprobado por OM 27-07-1994. Este último es el denominado análisis evidencial, que conjuga dos modos de detección y cuantificación del alcohol: un sensor electroquímico y una detección de la absorción de radiación infrarroja. En el caso del descatalogado Alcotest® 7410 de Drager, o análisis de muestreo, sólo existía la detección del alcohol por medio del sensor electroquímico y existía un índice de error de 0,05 mg/l en alcoholemias de 0 a 1mg/ml y un error del 5% en alcoholemias por encima de 1 mg/l.

Sí que es preciso señalar que existe un error denominado efecto Tyndall de $\pm 5\%$ - error de la medición- debido a la presencia de sustancias reductoras volátiles, en el caso de haber fumado en los últimos 15 minutos previos a la detección.

- La detección del alcohol en la sangre es la *Cromatografía de gases con espaciador de cabeza*, es el método más sensible y específico para la medición del etanol en sangre. De hecho es el único método con validez técnicas, a diferencia del test de etanol en aire espirado [24]. Se procederá, previo consentimiento informado del sujeto, a la extracción de 5 ml de sangre llenando el tubo por completo sin dejar cámara de aire, habiendo empleado una jeringuilla de polietileno de un sólo uso. Se debe limpiar la zona antes de la extracción con suero o agua jabonosa, pero nunca con alcohol. El tubo puede ser el habitualmente empleado para extracción de otras muestras, con 50 mg de oxalato potásico como anticoagulante y 50 mg de fluoruro sódico como conservante para evitar el crecimiento bacteriano, procediendo a mezclar bien una vez llenado el mismo. Se procurará evitar que la muestra reciba calor, manteniéndola en frigorífico (4° C) siempre que sea posible. Para su envío se introducirá el vial protegido en otro envase. Si la muestra se toma con fines judiciales, se debe extraer dos tubos de sangre y almacenar uno de ellos sin analizar y así conservar la posibilidad de que el individuo realice un contra-

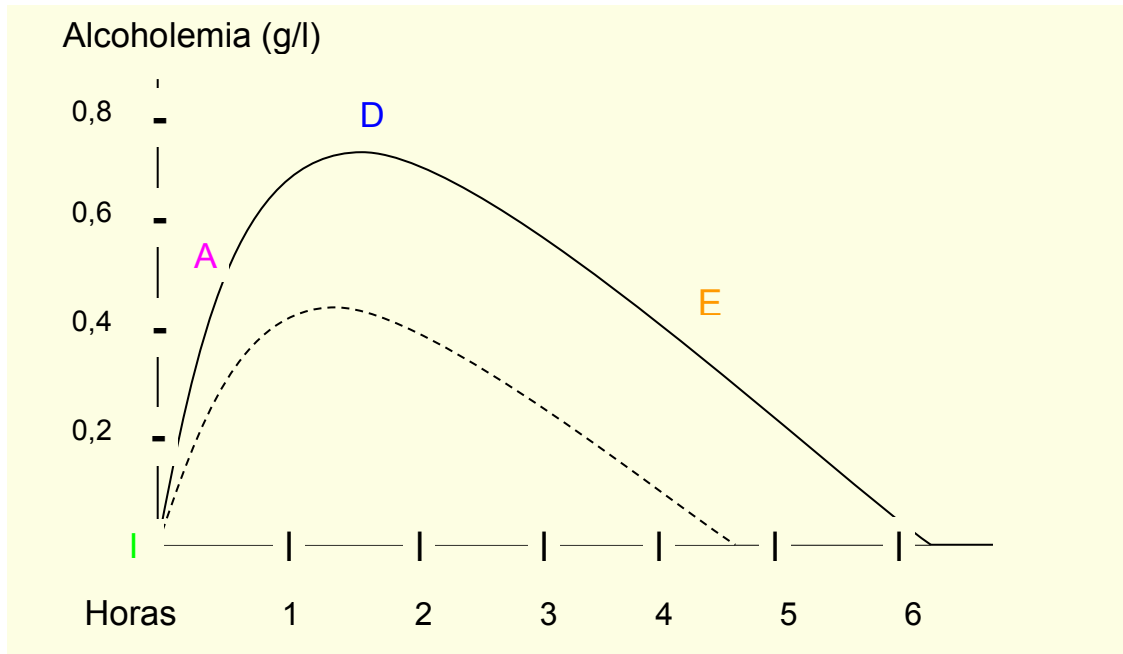
análisis en otro laboratorio. El segundo tubo debe congelarse, si se prevé que su almacenamiento va a ser prolongado.

Tras la ingesta del alcohol se pueden apreciar tres fases: la de absorción, distribución y eliminación (Gráfica I).

- La fase de absorción del etanol (A) es la fase en la que la absorción del etanol es muy buena y rápida por todas las vías, cutánea e inhalatoria incluidas. Se realiza por el mecanismo de difusión simple a favor de gradiente. Tras su ingestión es rápidamente absorbido por la mucosa del estómago en un 30% y después por el intestino delgado proximal en el 70% restante. Se conoce que la absorción es también posible en el colon.

Alrededor del 90% [22] es metabolizado en el hígado, mientras que el resto es eliminado por los riñones o a través de los pulmones, lo que permite su determinación tanto en orina (alcoholuria) como en el aire espirado.

Los alimentos en el estómago son factores que influyen en la absorción del etanol especialmente carbohidratos, grasas y proteínas; aumentando la velocidad de absorción el hecho de que el estómago se encuentre vacío, la dilución de un bajo porcentaje de etanol (se da la máxima absorción para concentraciones de 20% por volumen), las bebidas carbonatadas y frías y la existencia de operaciones de estómago, con restricción del mismo y vaciamiento más rápido. En este caso último se absorbe antes porque la mayoría del alcohol en situación normal se absorbe en el intestino delgado y al estar operada la persona y tener un vaciamiento rápido del estómago se va a adelantar este fenómeno.



Fuente: "Manual de Criminalística y Ciencias Forenses"
Gráfica 1: Curva de Alcholemia

La curva de alcholemia, sintetiza el proceso de absorción (A), distribución (D) y eliminación (E) y es de gran interés médico-legal.

En la curva con línea continua representamos la alcholemia tras la ingesta (I) en ayunas y a la vez de cuatro copas de vino en un sujeto varón de 70 kg de peso, que no presenta consumo crónico de alcohol etílico.

Suponemos la ingesta total de 40 g de alcohol etílico. El segmento desde la ingesta (I) al pico máximo (D) corresponde a la fase de absorción (A), es decir, del paso del alcohol a la sangre. Tras la absorción, en la fase de distribución (D) se llega al equilibrio entre los compartimentos acuosos del organismo, y aparece el pico máximo de concentración. Este pico se realiza en torno a una hora después del último consumo si el estómago estaba vacío – con un rango de 30 minutos a 2 horas de variación - y al menos 3 horas después si estaba lleno. La bibliografía más reciente indica que si hay alimentos ingeridos antes o a la vez que el etanol, puede precisarse hasta 6 horas para que la absorción sea completa. Después de este pico comienza el descenso de la curva debido

a la eliminación (E) del alcohol etílico debido a la oxidación del mismo en el hígado.

En línea discontinua se representa el mismo proceso pero con el estómago lleno. En este caso el nivel máximo de alcoholemia alcanzado es menor aunque se haya ingerido el mismo número de gramos de alcohol.

- La *fase de distribución del etanol* (D), es cuando el alcohol difunde prácticamente en todos los tejidos, con menor tendencia a disolverse en los lugares con poco porcentaje de agua y en las grasas, ya que su liposolubilidad es unas 30 veces menor que su hidrosolubilidad.
- La *fase de eliminación* (E), es el mecanismo de eliminación del alcohol. El 95% del alcohol se metaboliza por oxidación y un 5% se elimina (excreción) sin modificar por distintos órganos y aparatos: eliminación pulmonar urinaria, por saliva, por leche materna.

El alcohol etílico [25] ($\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{OH}$) es una sustancia líquida a temperatura ambiente, de elevada volatilidad, fuertemente hidrofílica e insoluble en agua, con diferencias en los volúmenes de distribución (Vd) entre los sexos, así: las mujeres tienen menor Vd, 0,6 L de etanol / Kg de peso, en comparación con los varones 0,7 L/Kg (Tabla 1). Al poseer más porcentaje de materia grasa las mujeres, tienen menor porcentaje de agua en su cuerpo respecto a los varones, y su Vd es menor al de ellos; lo cual contribuirá a que en las mujeres aparezcan niveles de alcoholemia superiores a los varones, para la misma cantidad de alcohol ingerido. Es decir, de una misma cantidad de alcohol ingerida por hombres y mujeres, hay un porcentaje mayor del mismo que se distribuye en la sangre en el caso de las mujeres. Esto explica la mayor afectación del etanol en el sexo femenino, en igualdad de otras circunstancias de edad, hábito de consumo y salud.

Vd ETANOL	
MUJERES	HOMBRES
0,6 l/kg	0,7 l/kg

Tabla 2: Vd del etanol en mujeres y hombres según el peso

Este Vd también puede oscilar dependiendo de características propias del individuo (mayor o menor cantidad de panículo adiposo) y de su edad, ya que el agua total del cuerpo desciende con el envejecimiento. Por lo tanto, si fuera preciso, se deberá ajustar el Vd al porcentaje real de agua del sujeto en el que se esté estudiando la alcoholemia.

- Cálculo de la alcoholemia máxima teórica:

En condiciones ideales de toma única, máxima absorción y ayuno, la concentración de alcohol en sangre o alcoholemia (g/L) alcanzable al finalizar la absorción es igual al cociente entre el total de etanol ingerido en gramos y el resultado del producto del peso del individuo en kilogramos y el volumen de distribución del etanol (Vd).

Por lo tanto, siguiendo la ecuación modificada de Widmark, la alcoholemia máxima esperable de forma teórica es igual a:

$$C = \frac{\text{Etanol ingerido (gramos)}}{\text{Peso individuo (kg) x Vd (varón 0,7 y mujer 0,6)}}$$

Para calcular la cantidad en gramos de etanol ingerido, se ha de sumar el volumen total de etanol contenido en cada una de las bebidas. Desde dicha cantidad de volumen de etanol se obtiene la masa en gramos de la misma, conociendo la densidad del etanol. Es decir, la masa de etanol en gramos es igual al producto del volumen del mismo (en ml) por su densidad (0,8 siendo 1 la del agua).

$$\text{Densidad del etanol } (\delta) = \frac{\text{masa (g)}}{\text{Volumen (V)}} ; \text{ masa (g)} = \delta \times V$$

En síntesis, para calcular el numerador de la fórmula de la alcoholemia máxima teórica debemos realizar el siguiente cálculo:

$$\text{Gramos de etanol ingeridos} = \text{graduación} \times \text{Volumen (ml)} \times 0.8 / 100$$

Nos quedaría *la fórmula modificada de Widmark sintetizada* así:

$$C = \frac{\text{graduación} \times \text{Volumen de bebida (ml)} \times 0.8 / 100}{\text{Peso individuo (kg)} \times V_d (\text{hombre } 0,7 \text{ y mujer } 0,6)}$$

- Características del alcohol

Es posible calcular la equivalencia en gramos de cualquier bebida alcohólica, su contenido calórico o el nivel aproximado de alcoholemia de una persona si se conoce la cantidad ingerida mediante estas características [26]:

1g de etanol = 7,1 Kcal de energía

Volumen de distribución = 0,53 l/Kg

*Gravedad específica = 0,7939 g/ml

1ml/Kg de etanol al 100% produce un nivel de aproximadamente 100 mg/dL.

Volumen de distribución (L/Kg) x peso (Kg)

g/l x 100 = mg/dL

2.2.1 Metabolismo del alcohol etílico

A. ABSORCIÓN

El alcohol etílico se absorbe por la vía oral, existiendo factores que modifican su absorción, así pues la vacuidad de estómago aumenta la posibilidad de absorción a través de la mucosa gástrica, en cambio la presencia de alimentos en la cavidad gástrica retardan la absorción, así como la frecuencia con el que se ingiera el etanol esto influye en los niveles de alcoholemia.

El aumento de la ingestión del etanol inicialmente estimula la absorción y luego la retarda. Entre los 10 - 15 minutos aparece alcoholemia importante que sigue ascendiendo durante unos 30 a 90 minutos que pueden variar dependiendo de la tendencia hidrófila.

De la cavidad gástrica se absorbe un 20% y el restante 80% lo hace a través del intestino, hasta alcanzar una absorción total en el transcurso de seis horas [26].

Un 90 ó 98% de etanol es metabolizado totalmente. Su metabolización es efectuado principalmente en el hígado, lo cual determina un

factor importante con relación a los casos con pacientes con deficiente funcionamiento hepático, bien por factores infecciosos, o bien por el daño hepático ocasionado por el mismo tóxico, como es el caso de la cirrosis hepática alcohólica.

Para calcular la cantidad de alcohol etílico que tiene una persona tras ingerir una cantidad, es posible calcularla si se conoce la cifra de etanol en un litro de aire espirado y de multiplicar por 2/3 de su peso en kilogramos.

B. METABOLISMO

PROCESO METABÓLICO DEL ETANOL	
ETANOL	
-H	etanol deshidrogenasa (enzima)
Acetaldehído	
-H	aldehído deshidrogenasa (enzima)
ácido acético	
ciclo tricarboxílico	
CO ₂ pulmones	H ₂ O Orina

Tabla 3: Proceso metabólico del etanol

El alcohol etílico ocasiona una gran variedad de desórdenes sobre todos los niveles del sistema nervioso central (SNC). No todo el que consume etanol en exceso sufre complicaciones en el sistema nervioso central y es desconocida la razón de esta variedad en sus efectos. Esto puede ser causa de múltiples factores tales como el efecto deletéreo del alcohol mismo o sus metabolitos, factores nutricionales, predisposición genética, etc.

El etanol o su metabolito, el aldehído acético, pueden producir daño en el sistema nerviosos, ya que el alcohol etílico es siempre un depresor del sistema nervios central. En ningún momento ni en ninguna dosis por pequeña que ella sea, el etanol puede ser estimulante del sistema nervioso central.

GRADOS DE ALCOHOLEMIA SEGÚN LA LEGISLACIÓN [22]	
mg de alcohol por 100ml de sangre	Indicación de la prueba
0.0 a 1.0 %	Negativa. Se puede encontrar en abstemios, proveniente de la transformación metabólica de los hidratos de carbono ingeridos.
1.0 a 10.0 %	El sujeto ha bebido alcohol etílico, sin que se pueda decir que está embriagado.
10.0 a 150.0 %	El sujeto aún no puede considerarse con certeza comprometido en su capacidad psicosomática por embriaguez, sobre la base de sólo el dato alcoholométrico.
150.0 a 200 %	El sujeto se debe considerar en la mayoría de los casos quebrantado por los efectos de la embriague, con evidente sintomatología psicosomática.
> 200 %	Se puede diagnosticar positivamente la embriaguez.
En Estado Unidos la intoxicación es definida legalmente con alcoholemias de 21,7 mm/litro, lo que equivale a cifras mayores o iguales de 100 mg/dL.	
Cifras de 47 mg/dL están asociadas con aumento del riesgo en la conducción de vehículos a motor.	

Tabla 4: Grados de alcoholemia según Legislación

El hepatocito¹ posee tres compartimentos para el metabolismo del etanol:

- el citosol mediante la enzima alcohol deshidrogenasa (ADH),
- el peroxisoma mediante la catalasa

¹ Célula del hígado de forma poliédrica y núcleo voluminoso que se dispone alrededor de un vaso venoso. Sus funciones son la metabolización de las sustancias nutritivas, transformación de la glucosa en glucógeno (forma de reserva energética), fabricación de proteínas, degradación de las sustancias tóxicas presentes en la sangre y segregación de la bilis.

○ y el retículo endoplásmico mediante el sistema de oxidación microsómica del etanol (SOME) [26][27].

La ADH, es la enzima encargada de metabolizar el alcohol “endógeno” que se produce en pequeñas cantidades por la fermentación intestinal de carbohidratos, además participa en la deshidrogenación de esteroides y omega oxidación de ácidos grasos. Constituye la principal vía del metabolismo del etanol catalizando la conversión de éste en acetaldehído con la participación del cofactor nicotinamida adenina dinucleótido (NAD) que pasa de su forma oxidada (NAD) a la reducida (NADH), generando como resultado neto un exceso de equivalentes reducidos en el citosol, que son transferidos a la mitocondria alterando el ciclo del ácido cítrico, porque el exceso de hidrogeniones promueve la conversión del piruvato en lactato llevando a hipoglucemia e hiperlactacidemia [26][28]. Esta hipoglucemia puede ser agravada por el hecho que el licor es un potente inhibidor de la glucogenolisis hepática.

A nivel del metabolismo lipídico, el exceso de equivalentes de hidrógenos bloquea el mecanismo energético normal, en el que la β -oxidación de ácidos grasos sirve como fuente de hidrogeniones para la cadena mitocondrial. La mitocondria usa aquellos provenientes del etanol, en lugar de los derivados de los ácidos grasos, llevando a disminución en la oxidación lipídica, acumulación de los ácidos grasos y lipogénesis aumentada.

La ingestión de etanol en cantidades superiores a 400g/día se acompaña del aumento de ácidos grasos libres, disminución en el recambio de los mismos y reducción concomitante del glicerol circulante, efecto que es mediado por el acetato, producto final del metabolismo hepático del etanol; sin embargo, una vez el hígado graso se desarrolla, cesa la acumulación de grasa aunque continúe el consumo de alcohol, debido a fenómenos adaptativos del hepatocito al estado de reducción alterado.

El acetaldehído es el producto de oxidación del alcohol siendo un compuesto altamente tóxico y reactivo. Al aumento de acetaldehído se atribuye la alteración de la secreción proteica microtubular. La actividad osmótica de las proteínas lleva a retención de agua en el hepatocito que sumado al depósito de grasa, son responsable del edema del hepatocito y reducción del espacio intercelular con la producción de hipertensión portal, que a su vez es agravada por la progresiva fibrosis perivenular y perisinusoidal. El acetaldehído aumenta además debido a la inducción de una vía alterna del metabolismo del etanol, el SOME que se aumenta con el consumo crónico e induce el aumento en la producción de lipoproteínas con la consiguiente lipedemia, esta segunda vía posee tres componentes:

- citocromo P-450,
- citocromo NADPHc reductasa y lecitina.

El grado en que metaboliza el etanol es pequeño, pero constituye la fase de interacción entre el alcohol y los medicamentos. El consumo crónico del etanol produce una proliferación del retículo endoplásmico liso que contiene el **some**, lo que brinda cierto grado de tolerancia metabólica.

La última vía es la de la catalasa que en el peroxisoma se encarga de metabolizar el etanol mediante el peróxido de hidrogeno generado en los peroxisomas.

2.2.2 Efectos del alcohol en el sistema visual

Según las pruebas clínicas, el efecto del etanol en la vista, se aprecia [25]:

- ✓ En la conjuntiva con una gran irritación y sufusión conjuntival.
- ✓ En las pupilas donde su reactividad puede variar desde la más extrema dilatación (midriasis) a la máxima contracción (miosis) y

pueden aparecer isocorias o anisocorias; en cambio es excepcional que se mantengan normales.

Cuando se ha ingerido alcohol en cantidad tóxica, está ausente el reflejo pupilar a la luz ordinaria, pero es capaz de contraerse la pupila ante una luz muy fuerte, permaneciendo contraída un tiempo anormalmente largo. Es frecuente la presencia de nistagmus.

Todas las sensaciones están afectadas por el alcohol, tales como:

- Las capacidades auditivas y visuales, que se ven alteradas.
- Las observaciones de objetos en movimiento están alteradas, afectando la capacidad para conducir.
- Cualquier movimiento está alterado, disminuyendo el equilibrio y la coordinación siendo el tiempo de reacción más lento.
- Los órganos corporales, disminuyendo la frecuencia cardíaca y la presión arterial. Los ojos responden más lentamente a los estímulos y los músculos se relajan (afectación de la acomodación).

Los efectos que produce el alcohol sobre la visión son importantes, tales como: *la acomodación y la capacidad para seguir objetos con la vista se deterioran*, incluso con niveles bajos de alcohol en sangre. *Bajo los efectos del alcohol el campo visual se reduce, se altera la visión periférica y se retrasa la recuperación de la vista después de la exposición al deslumbramiento.*

En la acomodación hay que incluir dos procesos paralelos: la convergencia (para la fusión de las imágenes retinianas) y la miosis (que disminuye las aberraciones de los cambios de curvatura del cristalino). Estos tres fenómenos están modulados por el parasimpático.

Además altera la capacidad de distinción entre los sonidos, y todo ello influye sobre la conducción.

Los efectos del alcohol sobre el organismo humano son de sobra conocidos. El alcohol produce una ‘depresión’ no selectiva del sistema nervioso central: deteriora la función psicomotora, la percepción sensorial (vista y oído), modificando el comportamiento de la persona.

El alcohol deteriora marcadamente la función psicomotora y la capacidad para conducir con seguridad. Quizás uno de los efectos más importantes, es que el alcohol produce un descenso del nivel de activación, con lo que aumenta el tiempo de reacción, es decir, el tiempo que tarda la persona, después de percibir plenamente las sensaciones y/o recibir información, en decidir qué debe hacer y cuándo actuar. Asimismo, el alcohol produce importantes efectos sobre la coordinación bimanual, deteriorándola, y sobre la atención y la resistencia a la monotonía. En relación con este último aspecto, la atención es un factor decisivo, ya se trate de atención concentrada (referida a un solo objeto), o difusa (que se distribuye simultáneamente en rapidísima sucesión entre numerosos objetos). Además, se altera la capacidad para juzgar la velocidad, la distancia y la situación relativa del vehículo, así como la capacidad para seguir una trayectoria o hacer frente a una situación inesperada. Los efectos del alcohol, al aumentar el tiempo de reacción, deteriorar la coordinación motora, alterar el procesamiento de la información, disminuir la atención y resistencia a la monotonía, etc., disminuye marcadamente la capacidad para conducir con seguridad e *incrementa el riesgo de accidente*.

2.3 REQUISITOS DEL SISTEMA VISUAL EN LA CONDUCCIÓN

Indudablemente, la vista es el factor físico más importante para la conducción y su falta no puede ser sustituida ni complementada de manera alguna.

Más del 90% de la información que recibimos sobre el tráfico nos llega a través de la visión, y para la mayor parte de las maniobras, el conductor ha de basarse en su sentido visual.

El estudio de la capacidad visual de los conductores permite conocer la cantidad y calidad de la información exterior que son capaces de recibir.

Para una buena conducción son necesarias las siguientes premisas:

- Percibir con precisión todos los elementos que intervienen en el tráfico.
- Conseguir una interpretación adecuada de nuestro cerebro.
- Dar una respuesta neuromuscular aplicada a los mandos del vehículo, en segundos. Este lapso de tiempo mejorará cuanto más segura sea la carretera, mejores las prestaciones de los vehículos y el conductor tenga una correcta capacidad visual al tiempo que respete las normas de velocidad, luces y distancias.

La capacidad visual se mide considerando la agudeza visual, el campo visual, el sentido luminoso, la motilidad palpebral y del globo ocular, y la presencia de enfermedades progresivas que deterioren y no permitan alcanzar los niveles fijados por la Ley en cada grupo.

No obstante, la asociación entre la capacidad visual y la accidentalidad de tráfico presenta muchas dificultades.

Está demostrado que los defectos de agudeza visual y del campo visual para objetos en movimiento, se objetivan con más frecuencia en conductores

que han sufrido accidentes, que en controles; Esta situación se acentúa en condiciones de baja iluminación, en conductores ancianos y en enfermedades oftalmológicas asociadas. Es importante considerar siempre, junto con la capacidad visual, las circunstancias personales del conductor, tanto médicas de morbilidad, grado funcional y factores de riesgo asociados, como de conducción en cuanto al tipo e intensidad de exposición al riesgo.

Para ello, existen unos Baremos de Aptitud para la Conducción [10] donde se regulan todos los requisitos imprescindibles para la conducción de vehículos a motor, en los cuales se hace reseñar el sistema visual. (ANEXO A.1).

La Directiva Europea 2006/126/CE establece las normas mínimas relativas a la aptitud física y mental para la conducción de vehículos a motor. España es pionera en la realización de pruebas de control previas al permiso y periódicas en los conductores y los Reales Decretos 772/1997 y 1598/2004 establecen los criterios para valorar la aptitud en conductores con una determinada patología.

En el art. 60 del Real Decreto Legislativo 339/1990 [29], que versa sobre Permisos y licencias de conducción, se recoge que “(...)... La conducción de vehículos a motor y ciclomotores exigirá haber obtenido previamente la preceptiva autorización administrativa, que se dirigirá a verificar que los conductores tengan los requisitos de capacidad, conocimientos y habilidad necesarios para la conducción del vehículo, de acuerdo con lo que se determine reglamentariamente...(...)”. Además, “(...)... Se prohíbe conducir vehículos a motor y ciclomotores sin estar en posesión de la mencionada autorización administrativa...(...)”. Así mismo, se indica en ese mismo artículo que “(...)... La enseñanza de los conocimientos y técnica necesarios para la conducción, el posterior perfeccionamiento y renovación de conocimientos, así como la constatación de las aptitudes psicofísicas de los conductores, se ejercerán por centros oficiales o privados, que necesitarán de autorización previa para desarrollar su actividad. (...)... Igualmente, a los fines de garantizar

la seguridad vial, se regulará reglamentariamente el funcionamiento de los centros de reconocimiento de conductores...(...)".

El *Real Decreto 772/1997* detalla los tipos de permisos de conducción adaptando el Reglamento General de Conductores a las directivas europeas. En el Capítulo IV, artículo 14.1.c del Reglamento se incluye que será necesario para conseguir la licencia de conducción: "Reunir las aptitudes psicofísicas requeridas en relación con la clase del permiso o licencia que se solicite". Las aptitudes psicofísicas requeridas para obtener o prorrogar permiso o licencia de conducción son las que se establecen en el anexo IV del Reglamento, modificado por el *Real Decreto 1598/2004*. El anexo tiene 13 apartados de examen de todos los sentidos y sistemas del cuerpo humano, que se asemejan a los de la Directiva Europea que detallamos a continuación, por lo que sólo nos referiremos aquí a la capacidad visual de forma somera.

Con respecto a la capacidad visual se señala que si para alcanzar la agudeza visual requerida es necesaria la utilización de lentes correctoras, deberá expresarse, en el informe de aptitud psicofísica, la obligación de su uso durante la conducción. Dichas lentes deberán ser bien toleradas. Las lentes intraoculares no se consideran como lentes correctoras, y se entiende como visión monocular toda agudeza visual igual o inferior a 0,10 en un ojo, con o sin lentes correctoras, debida a pérdida anatómica o funcional de cualquier etiología. La capacidad visual se explora de forma diferente según el tipo de licencia de conducción sea para el Grupo 1 (A1, A, B, B + E y LCC) o el Grupo 2 (C1, C1 + E, C, C + E, D1, D1 + E, D, D + E) de vehículos a motor.

Se incluye la tabla del anexo IV del Reglamento referente a la capacidad visual como modelo orientativo de las restricciones existentes para cada uno de los 13 apartados (ANEXO A.1.)

2.3.1 El alcohol étílico y sus efectos sobre la conducción

Los efectos del alcohol que producen en el organismo humano y afectan a la conducción son un deterioro de la función psicomotora, la percepción sensorial (vista y oído) que modifica el comportamiento de la persona.

En relación con la conducción de vehículos, sus efectos pueden clasificarse en tres grandes grupos [30]:

A. Efectos sobre la función psicomotora y sobre las capacidades del conductor

Está perfectamente demostrado que el alcohol *deteriora marcadamente la función psicomotora y la capacidad para conducir con seguridad*. Quizás uno de los efectos más importantes, es que el alcohol produce un descenso del nivel de activación, con lo que *aumenta el tiempo de reacción*, es decir, el tiempo que tarda la persona, después de percibir plenamente las sensaciones y/o recibir información, en decidir qué debe hacer y cuándo actuar. Asimismo, el alcohol produce importantes *efectos sobre la coordinación bimanual*, deteriorándola, y sobre *la atención y la resistencia a la monotonía*. La atención es un factor decisivo, ya se trate de atención concentrada (referida a un solo objeto), o difusa (que se distribuye simultáneamente en rapidísima sucesión entre numerosos objetos). Además, *se altera la capacidad para juzgar la velocidad, la distancia y la situación relativa del vehículo*, así como *la capacidad para seguir una trayectoria o hacer frente a una situación inesperada*. Los efectos del alcohol, al aumentar el tiempo de reacción, deteriorar la coordinación motora, alterar el procesamiento de la información, disminuir la atención y resistencia a la monotonía, etc., disminuye marcadamente la capacidad para conducir con seguridad e incrementa el riesgo de accidente.

B. Efectos sobre la visión

El alcohol produce importantes efectos sobre la visión. *La acomodación y la capacidad para seguir objetos con la vista se deterioran, incluso con niveles bajos de alcohol en sangre. Bajo los efectos del alcohol el campo visual se reduce, se altera la visión periférica y se retrasa la recuperación de la vista después de la exposición al deslumbramiento.*

Además altera la capacidad de distinción entre los sonidos, y todo ello influye sobre la conducción.

C. Efecto sobre el comportamiento y la conducta

El alcohol produce un efecto de “*sobrevaloración*” que unido al marcado deterioro de las funciones cognitivas y psicofísicas, de lo que muchas veces el conductor no es consciente, induce frecuentemente una sensación subjetiva de mayor seguridad en uno mismo, lo que ocasiona un mayor riesgo de accidente.

Por otra parte, el alcohol puede alterar la conducta-comportamiento, y bajo sus efectos no son infrecuentes las reacciones de euforia, agresividad, conductas temerarias, etc.

Hay que señalar que incluso *por debajo del límite legal, el alcohol ya produce efectos negativos sobre la conducción de vehículos*, y que en algunos países la tasa o límite legal es aún menor (es también cierto que existen países en los que la tasa permitida es mayor).

2.4 SISTEMA VISUAL, ALCOHOL Y SINIESTRALIDAD

En la conducción de vehículos a motor bajo los efectos del etanol, se han valorado distintos factores como el tiempo de reacción, vigilancia y atención mantenida, tiempo de proceso de información, función visual, percepción, destreza psicomotora, si bien todos los estudios realizados, llegan a la conclusión de que la mayor parte de los componentes psicofísicos que forman parte del acto de la conducción de vehículos, sufren considerable alteración a partir de 0.5 g/L [31].

Cuando los grados de alcoholemia están comprendidos de 0.1 a 0.3 g/L, el comportamiento es normal, pudiéndose apreciar una disfunción visual mínima con 0.15 g/L (Tabla 5).

EFFECTOS EN LA VISIÓN Y AUDICIÓN [31], [32], [33]	ALCOHOLEMIA (g/L)
Con 0.15 g/L puede comenzar una disfunción visual mínima.	0.1 a 0.3
Puede estar disminuida la capacidad de atención. Disminuye la capacidad de trabajo real, aunque subjetivamente exista una sensación de mayor capacidad. Los tiempos de reacción visual y auditiva pueden estar alargados.	0.3 a 0.5
Empiezan a aparecer alteraciones de la voluntad, memoria y atención. Tiempo de reacción más lento. Se pierde aproximadamente un 15% de nitidez en la visión de lejos y hay un pequeño retraso en la estimulación óptica a distintos colores.	0.5 a 0.7
Pérdida de un 70% de la nitidez en la visión de lejos y de un 20% en la fusión de imágenes.	0.9 a 1.5
Deficiente visión estereoscópica. El tiempo de reacción frente a un estímulo acústico es de 3 a 5 veces mayor.	1.5 a 2.0
Evalúa mal las distancias y tamaño de los obstáculos y tropieza con facilidad.	2.0 a 3.0
Retraso en la respuesta a estímulos, incoordinación muscular.	3.0 a 4.0

Tabla 5: Efectos del etanol en la visión y la audición

Uno de los factores a tener en cuenta a la hora de valorar estas tablas son los elementos que influyen en los efectos o mecanismos de acción del etanol como es el acostumbamiento, lo que hace bastante difícil cuantificar la incidencia de la tolerancia. Según casos publicados se han encontrado sujetos que pueden llegar a tolerar cifras de alcoholemia superiores a 5.0 g/L, y en algún supuesto hasta 10.0 g/L. (ANEXO A.2. TABLA 105) [32],[33],[34].

El alcohol actúa farmacológicamente como depresor del SNC, actúa sobre las células nerviosas reduciendo su actividad lo que conlleva a una depresión de los mecanismos de inhibición. Conduce a comportamientos desinhibidos que se ponen de manifiesto con concentraciones relativamente bajas del mismo y pueden evidenciarse como disminución del juicio crítico, agresividad, intolerancia,... Tiene gran valor la exploración de la coordinación de movimientos finos y gruesos, la deambulación o el equilibrio que ponen de manifiesto la afectación o no de esas estructuras superiores corticales.

La relación del nivel de alcohol y una determinada conducta se puede estimar en la siguiente tabla [35]. (Tabla 6):

SÍNTOMAS Y SIGNOS	ALCOHOL (g/L)
Pequeña disminución de la rapidez de respuesta motora.	0.3
Disminución de las capacidades reflejas y motoras necesarias para tareas de atención como la conducción.	0.3 - 0.5
Signos objetivos de locuacidad, pérdida progresiva de las inhibiciones, risa fácil y alteraciones sensoriales.	0.5 - 1
Habla farfullante, dificultad para mantener equilibrio estático. Posibles náuseas.	1 - 1.5
Embriaguez, náuseas, marcha zigzagueante.	1.5 - 2
Vómitos, somnolencia.	2 - 3
Estupor o coma, riesgo de aspiración de vómitos.	3 - 3.5
Peligro de fallecimiento por parálisis del centro respiratorio.	> 3.5

Tabla 6: Síntomas y signos del alcohol etílico

Las muestras en las que se puede medir el etanol, se pueden realizar en distintos medios biológicos, tales como aire espirado, sangre, orina, humor vítreo (HV) y bilis. Desde el punto de vista práctico, la muestras que más se utilizan son el aire espirado y la sangre en el sujeto vivo y el HV en el cadáver.

Con la determinación de etanol en el aire espirado (RD 2282/1998) podemos determinar a los 15 minutos de la ingesta de etanol, la concentración

en el aire espirado, el cual refleja la concentración de etanol en la sangre que circula por los pulmones.

Hay que reseñar que los niveles de etanol en el aire espirado para poder equipararlos a los niveles sanguíneos, deben ser medidos en la fase post-absortiva del proceso toxocinético que sigue el alcohol etílico en el organismo, para el cual se realizan dos determinaciones analíticas en el aire espirado, separadas por un intervalo de tiempo de unos 20 minutos.

Según la legislación vigente no existe un protocolo de actuación que determine una prueba visual del sujeto durante un atestado policial a consecuencia de un accidente de tráfico por ingesta de etanol. Basta con realizarle la prueba del aire espirado .

2.4.1 El examen visual en el atestado policial

A. RECONOCIMIENTO MÉDICO [36]

Grupo 1: Los candidatos deberán pasar un reconocimiento médico si, en el momento de cumplir las formalidades requeridas o en el transcurso de las pruebas que están obligados a realizar antes de obtener un permiso, se pone de manifiesto que padecen una o varias de las incapacidades mencionadas en el presente Anexo.

Grupo 2: Los candidatos deberán pasar un reconocimiento médico antes de la expedición inicial de un permiso; posteriormente, se comprobará que los conductores se ajustan a lo estipulado en el sistema nacional correspondiente en vigor en el Estado miembro de residencia normal cada vez que renueven su permiso de conducción.

B. CAPACIDAD VISUAL

Los candidatos a un permiso de conducción deberán someterse a las investigaciones apropiadas que garanticen que poseen una agudeza visual compatible con la conducción de vehículos de motor. Si se sospecha que el candidato no posee una capacidad visual adecuada, deberá ser examinado por una autoridad médica competente. En este examen se deberá prestar especial atención a la agudeza visual, al campo visual, a la visión crepuscular y a las enfermedades oculares progresivas.

Las lentillas intraoculares no deberán considerarse como lentes correctoras a efectos de la aplicación del presente Anexo.

GRUPO 1

Los candidatos a la expedición o la renovación de un permiso de conducción deberán poseer una agudeza visual binocular, si es preciso mediante lentes correctoras, de al menos 0,5 con ambos ojos a la vez. El permiso de conducción no deberá ser ni expedido ni renovado si se comprueba, en el reconocimiento médico, que el campo visual es inferior a 120° en el plano horizontal, salvo en casos excepcionales debidamente justificados mediante un dictamen médico favorable y prueba práctica positiva, o que el interesado sufre otra afección de la vista que pueda hacer peligrar la seguridad de su conducción. Si se descubre o declara una enfermedad ocular progresiva, se podrá expedir o renovar el permiso de conducción supeditado a un reconocimiento periódico efectuado por una autoridad médica competente.

Los candidatos a la expedición o renovación de un permiso de conducción que padezcan una pérdida funcional total de la visión de un ojo o que utilicen solamente un ojo, por ejemplo en casos de diplopía, deberán poseer una agudeza visual de al menos 0,6, si es preciso mediante lentes correctoras. La autoridad médica competente deberá certificar que esta condición de visión monocular ha existido el tiempo suficiente para que el

interesado se haya adaptado y que el campo de visión del ojo en cuestión es normal.

GRUPO 2

Los candidatos a la expedición o renovación de un permiso de conducción deben poseer una AV en AO, si es preciso mediante lentes correctoras, de al menos 0,8 para el ojo que esté en mejores condiciones y de al menos 0,5 para el ojo que esté en peores condiciones. Si se alcanzan los valores de 0,8 y 0,5 mediante corrección óptica, la agudeza sin corregir de cada uno de los dos ojos deberá alcanzar 0,05 o se deberá obtener la corrección de la agudeza mínima (0,8 y 0,5) mediante gafas cuya potencia no podrá exceder de 8 dioptrías aproximadamente o mediante lentes de contacto (capacidad visual sin corregir = 0,05). Se deberá tolerar bien la corrección. No se deberá expedir ni renovar el permiso de conducción si el candidato o el conductor no poseen un campo visual binocular normal o está afectado de diplopía.

C. CAPACIDAD AUDITIVA

Podrá expedirse o renovarse el permiso de conducción a cualquier candidato o conductor del grupo 2 siempre que exista un dictamen de las autoridades médicas competentes; en el reconocimiento médico se tendrán especialmente en cuenta las posibilidades de compensación.

2.5 NORMATIVA SOBRE LA TASA DE ALCOHOLEMIA PERMITIDA PARA LOS CONDUCTORES DE VEHÍCULOS A MOTOR

2.5.1 Normativa Española

- I. REAL DECRETO 1428/2003, de 21 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento General de Circulación para la aplicación y desarrollo del texto articulado de la Ley sobre tráfico, circulación de vehículos a motor y seguridad vial, aprobado por el Real Decreto Legislativo 339/1990, de 2 de marzo [37].
- II. REAL DECRETO 2288/1998, de 23 de Octubre, modificación del Reglamento General de Circulación aprobado por el RD 13/1992, de 17 de Enero [38].
- III. LEY ORGÁNICA 15/2007, de 30 de noviembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 10/1995, de 23 de noviembre, del Código Penal en materia de seguridad vial [39].
- IV. **Ley 6/2014, de 7 de abril, por la que se modifica el texto articulado de la Ley sobre Tráfico, Circulación de Vehículos a Motor y Seguridad Vial, aprobado por el Real Decreto Legislativo 339/1990, de 2 de marzo (BOE nº 63, de 14 de marzo; corrección de errores BOE nº 185, de 3 de agosto) [40].**
- V. REAL DECRETO 1428/2003, de 21 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento General de Circulación para la aplicación y desarrollo del texto articulado de la Ley sobre tráfico, circulación de vehículos a motor y seguridad vial, aprobado por el Real

Decreto Legislativo 339/1990, de 2 de marzo, que contiene el texto consolidado [41].

- VI. Proyecto DRUID (Driving Under Influence of Alcohol, Drugs and Medicines) [42].

2.5.2 Normativa Internacional

- I. RECOMENDACIÓN DE LA COMISIÓN de 6 de abril de 2004 sobre la aplicación de las normas de seguridad vial (Texto pertinente a efectos del EEE) (2004/345/CE) [43].
- II. RECOMENDACIÓN DE LA COMISIÓN DE 17 DE ENERO DE 2001 SOBRE LA TASA MÁXIMA DE ALCOHOLEMIA PERMITIDA PARA LOS CONDUCTORES DE VEHÍCULOS DE MOTOR (2001/115/CE) [44].

Según la, la Comisión de las Comunidades Europeas en su artículo 71 considera lo siguiente:

“...(...)... (4) Se ha calculado que entre un 1 y un 5% de los conductores circulan con una tasa de alcoholemia superior a la tasa máxima nacional y que, proporcionalmente, tienen mucho más riesgo de verse implicados en un accidente de tráfico, lo que representa hasta un 20% de las heridas graves o mortales y hasta un 25% de las muertes en accidente. Es necesario disociar el volante del consumo irresponsable de alcohol.

(5) Se calcula que al menos 10.000 conductores, pasajeros, peatones y ciclistas mueren cada año en las carreteras comunitarias en accidentes de tráfico en los que las facultades del conductor se ven mermadas por el consumo de alcohol.

(6) *Las investigaciones confirman que el riesgo relativo de accidente aumenta de forma significativa con tasas de alcoholemia superiores a 0,5 mg/ml y que, para el conductor medio, el riesgo relativo de verse implicado en un accidente, dentro de la franja de 0,5 a 0,8 mg/ml, es aproximadamente dos veces superior al riesgo que corre un conductor con una tasa de alcoholemia equivalente a cero. En los accidentes mortales, el riesgo relativo es mucho mayor.*

(7) *El objetivo primordial de una tasa máxima de alcoholemia más uniforme dentro de la Comunidad es transmitir un mensaje más claro y coherente a los conductores de vehículos de transporte, tanto de viajeros como de mercancías. Se trata de comunicar que, por encima de un límite determinado, el alcohol al volante es peligroso. Los límites distintos en función de los Estados miembros pueden inducir a confusión y debilitan el mensaje de que conducir bajo los efectos del alcohol es peligroso.*

(10) *Se considera razonable pensar que podría reducirse en al menos un 20% el total de muertes en accidente debidas a la conducción bajo los efectos del alcohol si se adopta un conjunto de medidas que incluya disposiciones nacionales sobre aplicación y publicidad basadas en una tasa máxima de alcoholemia reducida. Podría incluso alcanzarse una reducción mayor con medidas de aplicación más generalizadas.*

(12) *La mayor parte de los Estados miembros ya ha adoptado la tasa máxima de alcoholemia permitida de 0,5 mg/ml.*

(13) *Conviene adoptar una tasa máxima de alcoholemia inferior (0,2 mg/ml) para los conductores y motoristas que presentan un riesgo de accidente mucho mayor, ya sea por su falta de experiencia o por el tipo de vehículo que conducen. Esta tasa también será adecuada para los conductores de grandes vehículos de transporte de mercancías o de viajeros y para los conductores que transporten mercancías peligrosas.*

(15) *Los Estados miembros deberían evaluar el beneficio mutuo que pueden obtener del intercambio de información sobre las pruebas de alcoholemia (y del aire espirado), con el fin de ampliar la muestra que les permita analizar la eficacia de las medidas de lucha contra el alcohol al volante, así como del intercambio de los resultados de las investigaciones sobre **reducción de las facultades del conductor...(...)**".*

III. MATERIAL Y MÉTODO

3.1. MATERIAL ---

3.1.1.a ESTUDIO 1 (N=121)

Se parte de un estudio realizado en el año 2006 en la Facultad de Óptica y Optometría de la Universidad Complutense de Madrid.

3.1.1.a.1 Muestra de 121 individuos

Se emplea como material una muestra de 121 individuos (N=121) con un rango de edad comprendido entre 20 y 70 años para valorar hasta que punto una tarea visual se puede ver disminuida en su eficacia al realizarse al mismo tiempo con otra auditiva.

También como variables secundarias que están muy relacionados con la atención, se pretende valorar los movimientos oculares y la velocidad de respuesta.

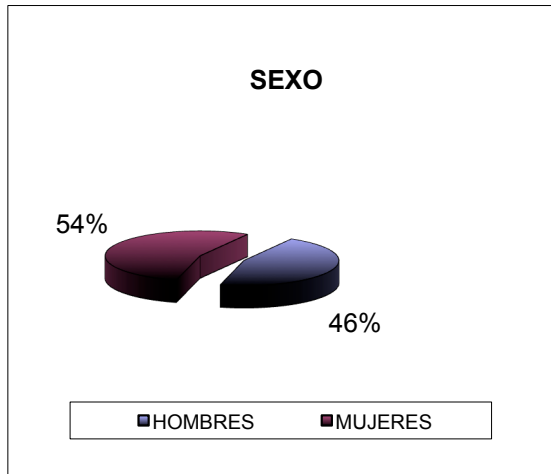
VARIABLES: (ANEXO B.1.1: FICHA DE VARIABLES PARA LA REALIZACIÓN DEL ESTUDIO) (TABLA 17).

- SEXO
- EDAD
- PROFESIÓN
- VCM: FALLOS Y TIEMPO DE REALIZACIÓN
- VCM + LAC: FALLOS Y ACIERTOS (LAC) + FALLOS Y TIEMPO DE REALIZACIÓN (VCM)
- POSICIÓN DE MIRADA

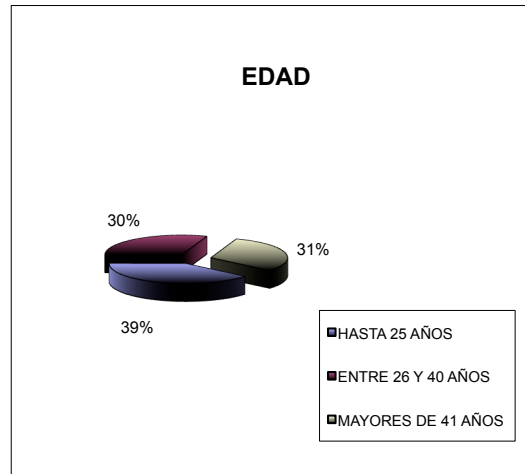
Estos individuos realizan dos pruebas con el Test de Rendimiento de Función Cognitiva y Visual (TRCAV). Este estudio sirve para validar el Test de Rendimiento de Función Cognitiva y Visual (TRCAV).

MUESTRA 121 INDIVIDUOS: (N=121)

- SEXO Y EDAD (Gráficas 2 y 3)

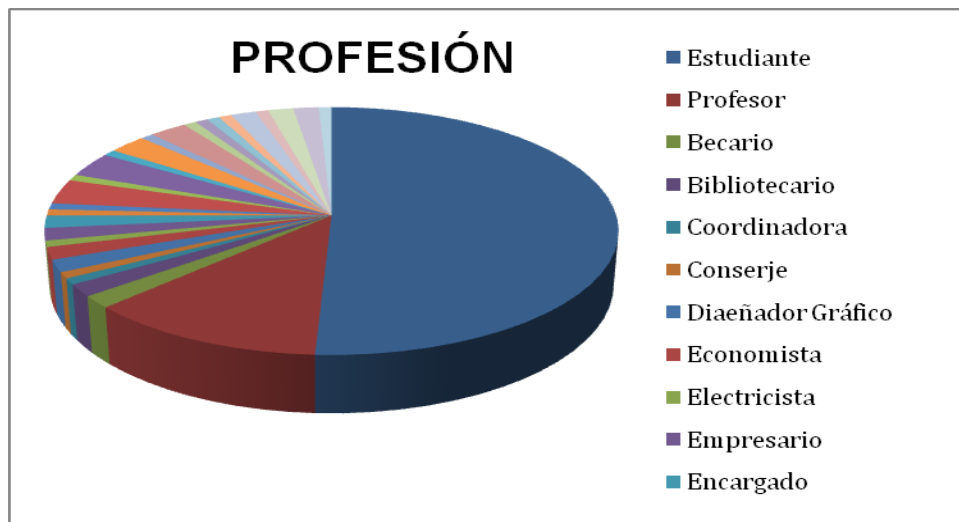


Gráfica 2: Muestra de hombre y mujeres (N= 121)



Gráfica 3: Muestra según la edad(N= 121)

- PROFESIÓN (Gráfica 4) cambiar grafica



Gráfica 4: Muestra según profesiones (N= 121)

3.1.1.a.2 Material técnico

Para la tarea visual se crea un programa informático (Test de Rendimiento de Función Cognitiva y Visual (TRCAV) y para la tarea auditiva se crea un programa en formato mp3.

- Test de Rendimiento de Función Cognitiva y Visual (Fotografía I)



Fotografía I: El Test de Rendimiento de Función Cognitiva y Visual (TRCAV)

El Test de Rendimiento de Función Cognitiva y Visual (TRCAV) se diseña para realizar este estudio en el año 2006. Es un programa informático multimedia con una tarea psicométrica con percepción visual y respuesta motriz para valorar hasta que punto una tarea visual (VCM) se puede ver afectada en su eficacia al realizarse al mismo tiempo con otra auditiva (LAC).

El TRCAV consta de 23 pantallas o ítems (VCM). En cada pantalla aparecen una serie de “ítems” en orden creciente de dificultad (detalles, perfiles, letras, símbolos,...) (Fotografías: 27 y 28). Ese orden creciente de dificultad va avanzando según se va eligiendo los “ítems” seleccionados, ya sean aciertos o fallos. Con ello se busca que la duración aproximada de la prueba visual sea de 1 minuto y así asegurarnos que los sujetos mantenían la concentración durante ese breve periodo de tiempo.

Al término del programa aparecen los resultados alcanzados por el sujeto que está realizando la prueba, donde se detallan (Fotografía 29):

- los aciertos
 - los fallos
 - el tiempo empleado en realizar la misma.
- Programa en formato mp3

Se diseña también una secuencia de preguntas orales con soporte informático multimedia que implica percepción auditiva (LAC) y respuestas orales distribuidas en 31 preguntas. Estas preguntas son de diferente grado de dificultad: unas más sencilla que no exigen una demanda de atención, y otras más complejas que requieren un mayor procesamiento cognitivo. En este caso el “ítem” siguiente se presenta sin que el sujeto responda, es decir la secuencia de preguntas se hace sucesivamente con un intervalo de tiempo estimado que le permita al sujeto responder.

3.1.1.b ESTUDIO 2 (N=20)

Estudio realizado en el año 2011 en el Departamento de Toxicología y Legislación Sanitaria de la Facultad de Medicina de la Universidad Complutense de Madrid.

3.1.1.b.1 Muestra de 20 individuos

Se emplea una muestra de 20 individuos (N=20), voluntarios, con un rango de edad comprendido entre 23 y 55 años, y diferentes profesiones pertenecientes principalmente a la Comunidad de Madrid. Este estudio parte del trabajo de investigación realizado en el año 2006. Se realiza utilizando el TRCAV y el programa de formato mp3 ,con la diferencia de que en este estudio se emplea material optométrico y alcohol étílico.

VARIABLES: (ANEXO B.1.2: FICHA DE VARIABLES PARA LA REALIZACIÓN DEL ESTUDIO) (TABLA 18).

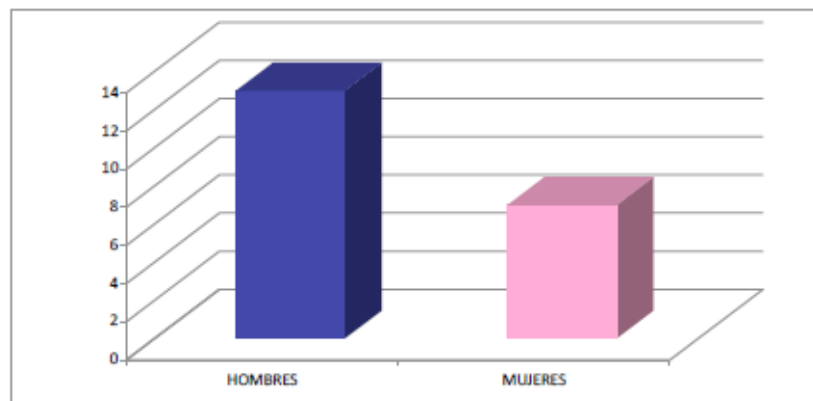
- SEXO
- PESO
- EDAD
- PROFESIÓN

ANTES Y DESPUÉS DEL ALCOHOL:

- NIVEL DE ALCOHOL EN AIRE ESPIRADO
- AV
- REACCIÓN PUPILAR
- TRCAV® = VCM + LAC

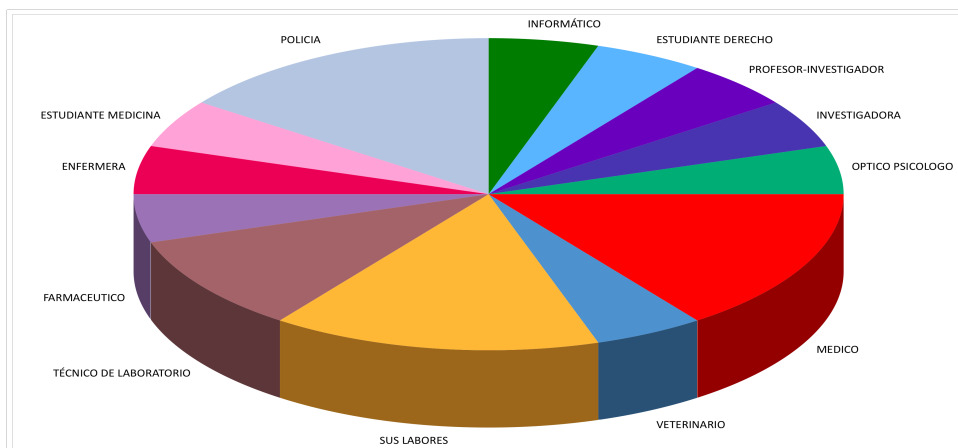
MUESTRA 20 INDIVIDUOS:

- SEXO (Gráfica V: hombres y mujeres).



Gráfica 5: Muestra de hombres y mujeres (N= 20)

- PROFESIÓN (Gráfica 6)



Gráfica 6: Profesiones de la muestra (N=20)

3.1.1.b.2 Material técnico

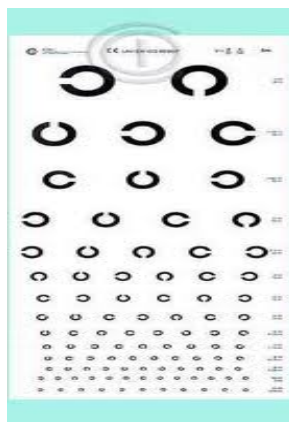
Para la realización de este estudio se emplea material optométrico para medir la agudeza visual de lejos (AVL) y la reacción pupilar, y, el TRCAV, el dispositivo de Dräger Alcotest 6510 y el alcohol etílico.

- Optotipo C de Landolt para visión de lejos (5 metros)(Fotografía 2)

El optotipo C de Landolt con diferentes orientaciones consta de ocho filas. Se utiliza para determinar la AV o el mínimo ángulo de resolución (MAR) a una distancia de 5 metros (visión de lejos - VL), distancia para realizar el examen visual de lejos.

Las exigencias de una correcta AV son: un buen sistema de imagen óptica, fijación foveal, estructura y función del receptor intactas, y unos niveles de luminancia fotópica funcional con la necesaria integridad de las vías neurales implicadas. Esta prueba trata de que el paciente detecte un hueco o la organización relativa de los componentes de una letra.

Para un observador normal con un enfoque óptimo, el límite de resolución o MAR oscila entre 30 segundos y 1 minuto de arco. Existe una notable concordancia entre el mínimo ángulo de resolución observado, la capacidad de resolución esperada para la óptica del ojo y el rendimiento predicho para un sistema con una AV de 10/10 o 20/20 o mejor. La prueba se suele realizar aumentando el tamaño del patrón hasta conseguir su resolución. En general, el tamaño de la letra es cinco veces mayor que la anchura de cada una de sus ramas.



Fotografía 2: Optotipo "C de Landolt"
Fuente: Covision.com

- Spielman ocluser traslúcido (Fotografía 3).

Está diseñado para proporcionar la oclusión, mientras que al mismo tiempo se observan los movimientos del ojo ocluido.



*Fotografía 3: Ocluser traslúcido
Fuente: Visualmat.es*

- Linterna (Fotografía 4)

Empleada para examinar los reflejos pupilares y/o reacción pupilar ante un estímulo de luz. Se utiliza para estudiar la reacción pupilar antes y después de la ingesta del alcohol etílico, ante un estímulo de luz, con una linterna para observar los reflejos pupilares.



*Fotografía 4: Linterna ocular.
Fuente: libreriacienciasmedicas.cl*

Se pretende examinar la reacción pupilar ante un estímulo de luz cuando el alcohol ha llegado a la fase de absorción, desde la ingesta del mismo al pico máximo cuando coincide con la fase de distribución, es decir, cuando pasa el alcohol a la sangre.

- Test de Rendimiento de Función Cognitiva y Visual (Fotografía I)

Para realizar el estudio de una tarea psicométrica con percepción visual y respuesta motriz y valorar hasta que punto una tarea visual (VCM) se

puede ver afectada en su eficacia al realizarse al mismo tiempo con otra auditiva (LAC) antes y después de la ingesta de alcohol étílico.

La descripción del TRCAV y de las dos tareas que se realizan, tanto la tarea psicométrica con percepción visual y respuesta motriz (VCM) y la tarea auditiva (LAC) son las mismas descritas en el apartado de MATERIAL del ESTUDIO 1 (3.1.1.a.2).

- Dispositivo de Dräger Alcotest 6510 [45]

El Dräger *Alcotest 6510* (Fotografía 5) ofrece un análisis preciso y rápido de la tasa de alcohol en el aliento, de una forma sencilla y fácil. Dispone de multitud de opciones de configuración, por lo que el equipo es adaptable a las diferentes estipulaciones y normativas internacionales. En unos segundos, el instrumento ofrece resultados con la máxima exactitud. De manejo seguro, sus procesos automatizados para la toma de muestras y calibrado, facilitan su utilización. Todas las funciones de medición se controlan mediante un único botón. Una boquilla especialmente adaptada permite un rápido y seguro acoplamiento, hasta en entornos oscuros. El sensor dinámico Dräger 1/4", de gas optimizado produce una reacción específica en presencia de alcohol. Con una disponibilidad rápida de medición.

La última tecnología electrónica así como unos tramos cortos y directos entre los componentes neumáticos y electrónicos, garantizan la disponibilidad operacional en sólo unos segundos. La boquilla 'Slide'n'click', su contorno, facilita instintivamente su correcta colocación. La salida de aire, sin obstáculo alguno, impide la posibilidad de manipulación de los resultados en el momento de la toma de muestras. Este dispositivo es de los pocos del mercado que se pueden *calibrar*, siendo su vida útil ilimitada. En un breve lapso de tiempo, el equipo facilita en pantalla el resultado de la medición.

Un separador en la propia boquilla evita que los labios de la persona examinada entren en contacto con la carcasa del instrumento de

medición. Realiza también la función de propulsor de las boquillas. Las boquillas vienen empaquetadas individualmente y pueden instalarse en el equipo de medición de manera fácil e higiénica. El orificio de soplado permanece constantemente protegido, hasta el momento de la retirada completa del envase de plástico. La interacción entre usuario y aparato se realiza a través de una pantalla iluminada con indicaciones fácilmente visibles y presentación íntegra del texto.

Un indicador LED de colores y señales acústicas acompañan el resultado, junto con una memoria integral de datos. Pueden almacenarse hasta 10 resultados, que quedan registrados con número de prueba en la memoria. Al apretar las teclas del menú se pueden visualizar los resultados individuales de medición guardados en la memoria.



Fotografía 5: Dräger Alcotest 6510

3.1.1.b.3 Alcohol etílico

Para llevar a cabo este estudio se utilizan como bebidas alcohólicas:

- Vino tinto con una graduación de 12° Vol./L.
- Licor de avellana con una graduación de 14° Vol./L.

3.1.1.c ESTUDIO 3 (N=123)

Estudio de investigación realizado en el Departamento de Toxicología y Legislación Sanitaria de la Facultad de Medicina de la Universidad Complutense de Madrid.

3.1.1.c.1 Diseño de la investigación y muestra de 123 individuos

El diseño del presente estudio de investigación se divide en 4 etapas. De tal forma que a medida que se va avanzando en la ejecución de la investigación, cada etapa se convierte en la herramienta -el material y el método- para la ejecución de la siguiente etapa.

ETAPA 1. Diseñar las distintas pruebas a ejecutar entre una población mayor de edad con carnet de conducir vehículos a motor (B1) con el fin de obtener un número suficiente de voluntarios.

ETAPA 2. Agrupar los resultados según el sexo y la edad con los datos obtenidos de la AV, diámetro pupilar y capacidad de reacción ante un estímulo inesperado en condiciones normales, es decir, sin ingesta de etanol (0.00 mg/L aire espirado) junto con los resultados con ingesta de etanol que no supere 0.25 mg/L en aire espirado.

ETAPA 3. Obtener los valores de afectación propios de la base de datos generada que permite establecer una comparativa de la muestra en sí a estudio.

ETAPA 4. Analizar los diferentes casos de afectación para valorar el grado de rendimiento, tanto de capacidad de reacción como visual, para determinar si la cantidad de concentración de alcohol en aire

espirado de 0.25 mg/L (0.5 g/L en sangre) es la adecuada para poder conducir un vehículo de motor sin riesgo.

MUESTRA

La muestra utilizada para el estudio se obtiene de voluntarios estudiantes pertenecientes a distintas Facultades de las Universidades Complutense (Ciudad Universitaria y Somosaguas) y Autónoma de Madrid, y distintos sectores profesionales pertenecientes principalmente a la Comunidad de Madrid. La toma de muestras se inició en 2013 y finalizó en 2014.

En el diseño de las pruebas a realizar es necesario establecer claramente los objetivos que motivan la creación de la misma. En el presente estudio se diseña un programa con dos partes. Una de las partes consiste en realizar una serie de pruebas visuales y la otra parte en realizar unas pruebas con un simulador de conducción de vehículos a motor. Este diseño va dirigido a cubrir dos objetivos principales:

- Conseguir una base de datos de individuos que sea lo suficientemente representativa de las principales alteraciones del sistema visual, de su capacidad de reacción ante un estímulo visual inesperado con un simulador de conducción de vehículo a motor antes y después de la ingesta de etanol sin superar los 0.25 mg/L en aire espirado (0.5 g/L en sangre).
- Crear una base de datos representativa por género y edad, en función del sistema visual y la reacción de respuesta.

Este doble objetivo, hace que la elección de los individuos sea crucial y se considera que para cumplir dichos objetivos los voluntarios debe cumplir las siguientes condiciones o criterio de inclusión y exclusión:

- Ser mayor de 18 años.
- No tener ninguna patología oftalmológica, digestiva ni que altere la absorción, eliminación del alcohol (ojos, hígado, riñones..).
- Descartar todos los sujetos que presenten patologías oftalmológicas, hepáticas o cualquier otra afectación o anomalía que pueda alterar el ritmo normal de absorción, metabolización y eliminación del alcohol, asimismo que no esté consumiendo ningún medicamento en el día en que se realice la prueba ni en los 15 días anteriores que pudiera alterar la absorción, metabolización y eliminación del alcohol.

Así finalmente, una vez establecido los objetivos del estudio, se considera formada la muestra.

Muestra general

Formada por 123 individuos voluntarios, es la muestra principal del estudio que permite cumplir la mayor parte de los objetivos programados en el diseño de la investigación. Será una muestra fundamental para determinar los valores de concentración etílica en aire espirado y los valores de afectación visual y capacidad de reacción.

Este grupo a su vez puede ser diferenciado en dos subgrupos, en función de si son bebedores habituales o no, con un rango de edad comprendido entre 18 y 63 años, y diferentes profesiones.

MUESTRA GENERAL (N=123)	
BEBEDOR HABITUAL	93
NO BEBEDOR	30

Tabla 7: Muestra general (MG)

Las variables empleadas para la realización de este estudio de investigación fueron las detalladas a continuación:

VARIABLES

- SEXO
- PESO
- TALLA
- EDAD
- PROFESIÓN
- AMETROPÍA
- BEBEDOR HABITUAL
- CANTIDAD DE ALCOHOL ETÍLICO INGERIDO

ANTES Y DESPUÉS DEL ALCOHOL

- NIVEL DE ALCOHOL EN AIRE ESPIRADO
- AV DE LEJOS Y AV DE CERCA
- DISTANCIA INTERPUPILAR (DIP)
- REACCIÓN PUPILAR
- PUPILAS
- SE PONE CINTURÓN DE SEGURIDAD
- TIEMPO DE REALIZACIÓN DE FRENADA
- VELOCIDAD
- DISTANCIA DE REACCIÓN
- DISTANCIA DE FRENADO
- ESCENARIO 1, ESCENARIO 2, ESCENARIO 3
- VELOCIDAD
- DISTANCIA AL OBSTÁCULO
- TIEMPO HASTA EL OBSTÁCULO
- VELOCIDAD DE COLISIÓN

INSTRUMENTAL DE GESTIÓN (ANEXO B.1.3: FICHA DE VARIABLES PARA LA REALIZACIÓN DEL ESTUDIO).(TABLA 19).

Como instrumental de gestión se emplearon FICHAS diseñadas especialmente para este estudio con las pruebas que se consideraron más importantes para la realización del mismo, tales como:

- Ficha optométrica:
 - Anamnesis
 - AV de lejos y visión próxima
 - Cover test: alternante y Uncover
 - DIP
 - Diámetro pupilar
 - Respuesta pupilar

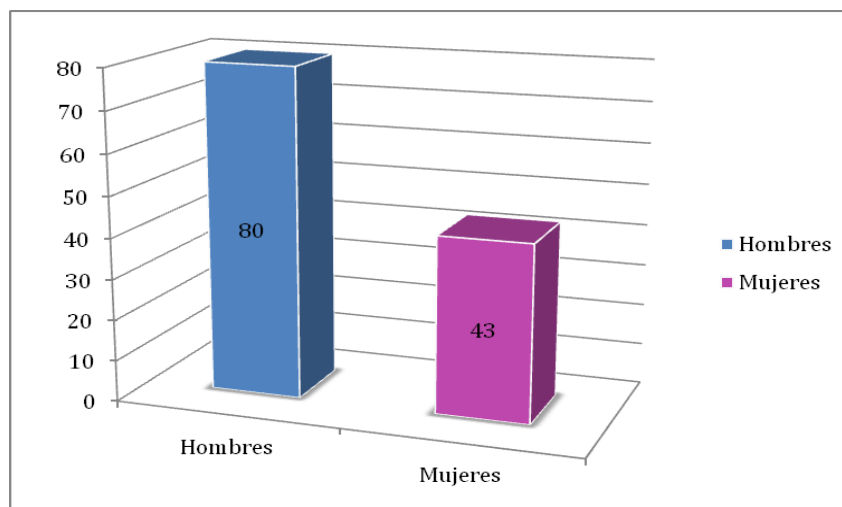
- Ficha simulador conducción: - Parámetros físicos: velocidad, distancia, tiempo...

MUESTRA 123 INDIVIDUOS: (N=123)

- SEXO (Gráfica 7)

MUESTRA POR SEXO	Frecuencia	Porcentaje
HOMBRES	80	65,0
MUJERES	43	35,0
Total	123	100,0

Tabla 8: Muestra por Sexo (N= 123)

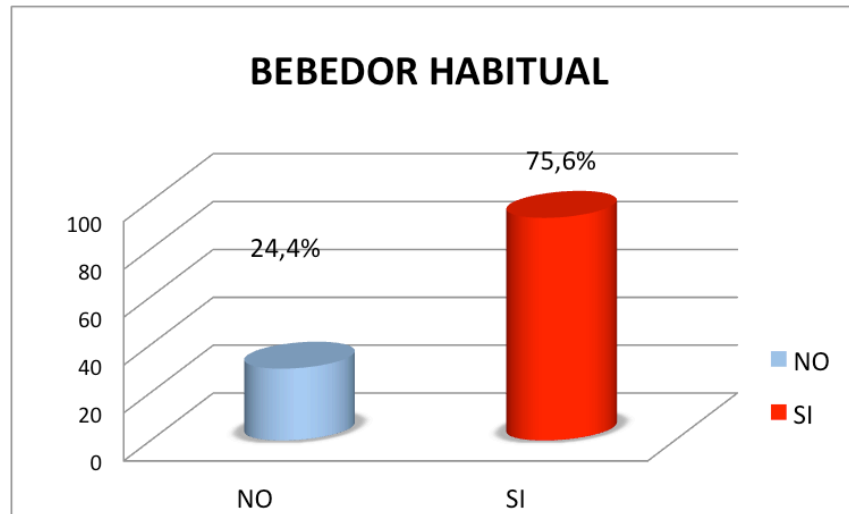


Gráfica 7: Muestra de hombres y mujeres (N=123)

- BEBEDOR HABITUAL (Gráfica 8).

MUESTRA POR BEBEDOR HABITUAL	Frecuencia	Porcentaje
NO	30	24,4
SI	93	75,6
Total	123	100,0

Tabla 9: Muestra por bebedor habitual (N= 123)

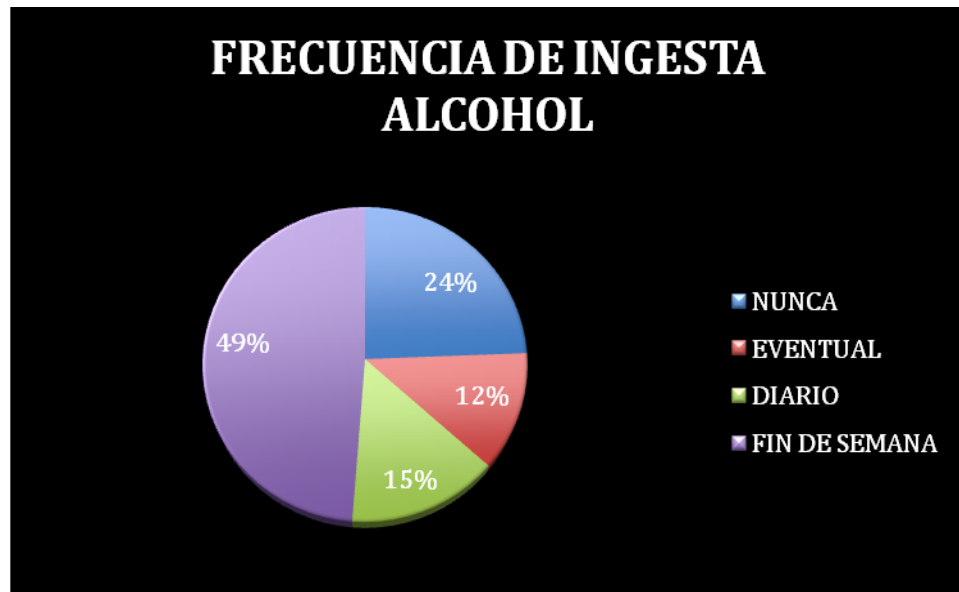


Gráfica 8: Muestra de bebedores habituales (N= 123)

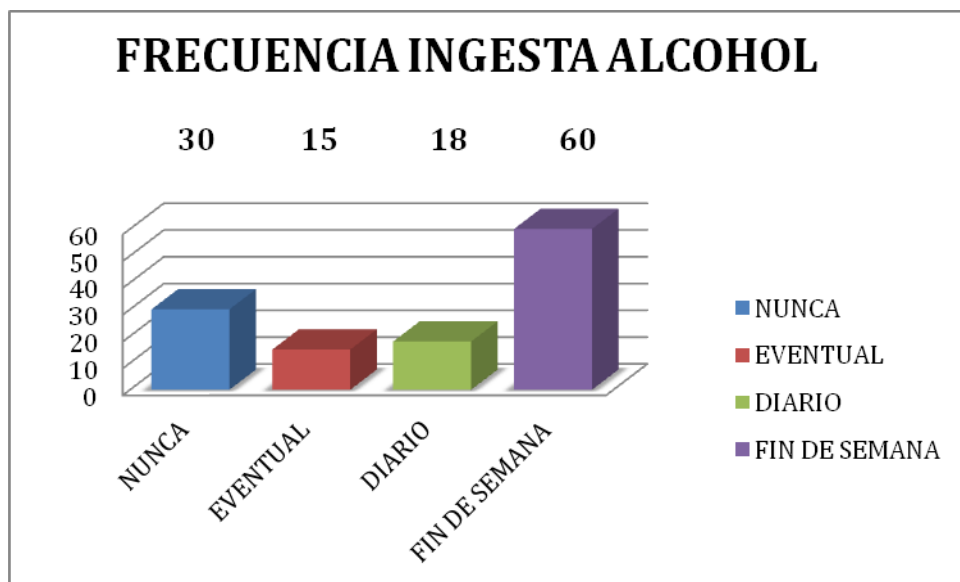
- FRECUENCIA DE INGESTA DE ALCOHOL ETÍLICO (Gráfica 9 y10).

FRECUENCIA DE INGESTA DE ALCOHOL ETÍLICO	Frecuencia	Porcentaje
NUNCA	30	24,4
EVENTUAL	15	12,2
DIARIO	18	14,6
FIN DE SEMANA	60	48,8
Total	123	100,0

Tabla 10: Frecuencia de ingesta de alcohol étílico (N= 123)



Gráfica 9: Muestra por frecuencia de ingesta de alcohol porcentajes



Gráfica 10: Muestra por frecuencia de ingesta de alcohol (N= 123)

Estos individuos realizan dos pruebas:

PRIMERA PRUEBA

Exploración optométrica donde se les realiza una serie de pruebas:

- Medida de AV de lejos monocular y binocular.
- Medida de AV de cerca monocular y binocular.
- Covert Test Alternante y Test Cover-Uncover.
- Medida de la distancia interpupilar (DIP).
- Medida del diámetro pupilar de ambos ojos (AO).
- Análisis de la respuesta pupilar ante un estímulo de luz puntual.

SEGUNDA PRUEBA

Conducción de un simulador de vehículo a motor:

- Análisis de respuesta de frenada.
- Análisis de conducción de un trayecto por autopista.

Estas dos pruebas se realizan primero en condiciones normales, es decir, sin ingerir ninguna cantidad de alcohol etílico (0.00 mg/L en aire espirado), posteriormente se vuelven a realizar las mismas pruebas bajo los efectos del etanol, siempre sin sobrepasar las concentraciones permitidas por la normativa vigente (≤ 0.25 mg/L en aire espirado). La cantidad ingerida por cada individuo ha sido calculada en función del peso y sexo de cada uno para que no sobrepasara dicha concentración.

3.1.1.c.2 Material técnico

- Optotipo logMAR para visión de lejos (5 metros). (Fotografía 6)

El optotipo logMAR utiliza una progresión logarítmica del tamaño de los optotipos, obteniendo la igualdad en el discernimiento. Se utiliza para determinar la AV o el mínimo ángulo de resolución (MAR) a una distancia de 5

metros (visión de lejos - VL), distancia para realizar el examen visual de lejos. Cada línea del optotipo contiene cinco letras, con un valor unitario de 0.02 por letra, independientemente de la línea en que se encuentre dicha letra, y el espacio entre ellas es exactamente el tamaño de las letras de la misma línea, y el espacio entre las líneas es igual al tamaño del optotipo de la línea inferior. De esta forma el método de evaluar la AV es a través del logaritmo en base 10 del mínimo ángulo de resolución (logMAR) que ve el paciente.

Las exigencias de una correcta AV son: un buen sistema de imagen óptica, fijación foveal, estructura y función del receptor intactas, y unos niveles de luminancia fotópica funcional con la necesaria integridad de las vías neurales implicadas. Esta prueba trata de que el paciente detecte un hueco o la organización relativa de los componentes de una letra. Para un observador normal con un enfoque óptimo, el límite de resolución o MAR oscila entre 30 segundos y 1 minuto de arco. Existe una notable concordancia entre el mínimo ángulo de resolución observado, la capacidad de resolución esperada para la óptica del ojo y el rendimiento predicho para un sistema con una AV de 10/10 o 20/20 o mejor. La prueba se suele realizar aumentando el tamaño del patrón hasta conseguir su resolución. En general, el tamaño de la letra es cinco veces mayor que la anchura de cada una de sus ramas.



Fotografía 6: Optotipo "logMAR" de lejos

- Optotipo LogMar para visión de cerca (25 centímetros).
(Fotografía 7)

Optotipo logMAR que se utiliza para determinar la AV o el mínimo ángulo de resolución (MAR) a una distancia de 25 ó 33 centímetros (visión de cerca - VC), distancia para realizar el examen visual en visión próxima.



Fotografía 7: Optotipo “logMAR de cerca”

- Spielman ocluser traslúcido (Fotografía 3).

Su diseño traslúcido proporciona la oclusión y permite realizar la prueba del cover test, lo que proporciona una doble ventaja, como es:

- Medir la AV monocular al tener el ojo ocluido en la niebla pero sin privarlo totalmente de estimulación luminosa.
- Observar el comportamiento del ojo ocluido durante el cover test y observar la dirección del movimiento de ambos ojos tanto cuando está ocluido como en el momento que lo destapamos.

- Linterna (Fotografía 4)

Empleada para examinar los reflejos pupilares y/o respuesta pupilar ante un estímulo de luz. Reacción pupilar antes y después de la ingesta del alcohol etílico, ante un estímulo de luz, con una linterna.

Examinar la reacción pupilar ante un estímulo de luz cuando el alcohol ha llegado a la fase de absorción, desde la ingesta del mismo al pico máximo cuando coincide con la fase de distribución, es decir, cuando pasa el alcohol a la sangre.

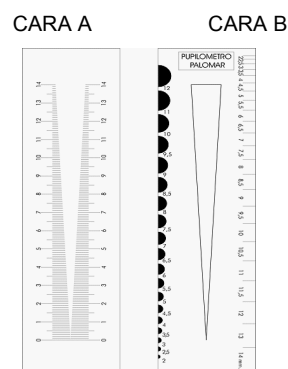
- Pupilómetro palomar. (Fotografía 8)

Empleado como sistema de medición para realizar el estudio del diámetro pupilar.

En la CARA A está el pupilómetro tangencial, para efectuar la medida, se debe pasar tangencialmente al círculo pupilar los dos bordes del orificio de la regla que forman ángulo, tomando la medida en la mitad de la pupila.

En la CARA B están dos escalas: una con semicírculos negros para realizar la medida por comparación, por donde se debe desplazar la regla horizontalmente en la línea media de la pupila hasta hallar el semicírculo que mejor encaje con el diámetro pupilar; y otra con separaciones constantes, con la que se efectúa la medida buscando cual es la separación que encaja mejor la pupila.

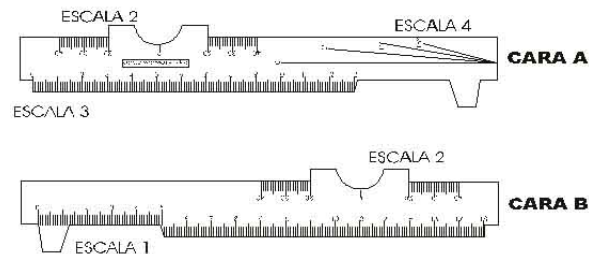
La escala comienza en 2 mm y va aumentando de medio en medio hasta los 12 mm, incorporando las medidas de 13 y 14 mm para poder utilizar también esta escala para la medición del diámetro corneal.



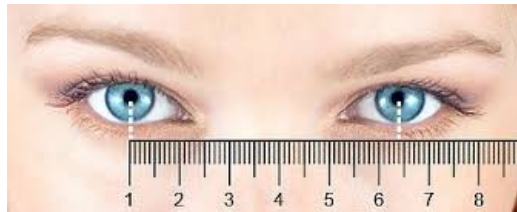
Fotografía 8: Pupilómetro.

- Regla. (Fotografía 9)

Empleada para realizar la medida de la distancia interpupilar (DIP) - la distancia del centro de una pupila de un ojo al centro de la pupila del otro ojo las distancias nasopupilares -, la medida de la distancia nasopupilar (DNP) - distancia del centro de la nariz al centro de una pupila - y el ángulo pantoscópico de una montura - ángulo que forma la varilla con el frente de la misma - .



Fotografía 9: Regla.



Fotografía 10: Medida distancia interpupilar (DIP)

- Probeta (Fotografía 11)

Instrumento de laboratorio empleado para medir el volumen de alcohol etílico que debía de ingerir cada individuo en función del peso y el sexo. La probeta está formado por un tubo generalmente transparente de unos centímetros de diámetro y tiene una graduación (una serie de marcas grabadas) desde 0 ml (hasta el máximo de la probeta) indicando distintos volúmenes. En la parte inferior está cerrado y posee una base que sirve de apoyo, mientras que la superior está abierta (permite introducir el líquido a medir) y suele tener un pico (permite verter el líquido medido). Generalmente

miden volúmenes de 25 ó 50 ml, pero existen probetas de distintos tamaños; incluso algunas que pueden medir un volumen hasta de 2000 ml.

La probeta que se utilizó para este estudio es un probeta graduada de base hexagonal clase A Premium line de vidrio (MCHA-250-001) con una medida de volumen hasta de 250 ml.



Fotografía 11: Probeta

Se utilizó este tipo de probeta de vidrio por ser las mediciones más exactas que las probetas de plástico, siendo su tolerancia (ml) o margen de error de medida de ± 1 ml. Fabricada en vidrio borosilicato 3.3 de calidad superior, conforme a ISO 4788, farmacopea americana (USP) y “Eichordnung” (la Normativa Federal Alemana de Pesos y Medidas). La conformidad con “Eichordnung” se documenta a través del símbolo oficial alemán “H” impreso en la probeta según DIN 12600. Calibrada “para contener” (TC,In), la probeta lleva impreso en el vidrio su número de lote.

- Báscula y tallímetro (Fotografía 12)

Para llevar a cabo el peso y el tallaje de los sujetos, se utiliza una báscula mecánica de columna con medidor de altura y visualización de peso y altura en pantalla para uso profesional. Esta báscula está homologada según la directiva 93/42/CEE, para uso médico. Calibrada de clase III conforme a lo estipulado en la directiva 90/384/CEE, hasta 220 Kg con tallímetro manual ajustable, dispone de una plataforma antideslizante. El tallímetro se puede ajustar por el lado, lo que permite que se pueda leer el valor mientras la persona sigue situada encima de la balanza. Gracias a estos datos se puede calcular de forma sencilla el Índice de Masa Corporal (IMC).



Fotografía 12: Báscula y tallímetro

Ficha técnica

- Capacidad: 220 Kg
- Sensibilidad: 100 g
- Peso: 23,5 Kg
- Medidas: 520 x 1556 x 520 mm
- Plataforma: 350 x 360 mm

- Cronómetro (Fotografía 13)

La medida sexagesimal que se empleó para tomar los tiempos de toma de aire espirado con el alcoholímetro se realizaron con un cronómetro “VEN ALLEN” .



Fotografía 13: Cronómetro

Ficha técnica

- 99 Lap-s
- Sumergible 3 ATM
- Cronometro 1/100 seg
- Reloj
- Calendario
- Alarma
- Luz

- Sacacorchos (Fotografía 14)

Para la apertura de las botellas de vino se utiliza un sacacorchos profesional PULLTEX de doble palanca articulada.



Fotografía 14: Sacacorchos

- Nevera (Fotografía 15)

Las botellas de vino se mantuvieron con un rango de temperatura de 8°C a 18°C.



Fotografía 15: Nevera

- Simulador de conducción SCAM 0603 (Fotografía 16)

El simulador de conducción SCAM 0603 (Simulador de Conducción APPORT MEDIA) es un elemento de un conjunto de materiales multimedia interactivos. Es un programa informático de simulación de conducción en 3D.



Fotografía 16: Simulador de Conducción.

El programa informático grava la totalidad del itinerario del conductor e informa de los acontecimientos a lo largo del recorrido. El SCAM es evolutivo. Puede ser completado por nuevos escenarios, condiciones meteorológicas o luminosidad variables y entornos complementarios. El conductor se enfrenta a distintos escenarios de riesgo que pueden provocar accidentes.

Al inicio, SCAM propone elegir entre tres posibilidades:

- Parámetros del vehículo
- Ensayos y pruebas de Frenado
- Programa de formación

Las pruebas de frenado permiten estudiar y evaluar las distancias de detención y el concepto de tiempo de reacción en escenarios clásicos de la carretera.

PARAMETROS DEL VEHÍCULO

Los mandos de SCAM 3 son los de un vehículo moderno, en buen estado, con un determinado número de equipamientos de ayuda a la conducción (ABS, AFU, ASR, ESP, EBD) que se pueden activar o desactivar. Además, otros elementos son parametrizables como: la motorización gasolina o diesel, caja de cambio manual o automática, estado de las suspensiones y amortiguadores, estado de los neumáticos (usado, nieve, presión regulable). (Fotografía XII).

- ABS: (Antilock Braking System). El ABS impide el bloqueo de las ruedas en caso de frenada urgente. El vehículo sigue siendo manejable, permitiendo al conductor evitar los obstáculos incluso pisando el freno muy fuerte.
- ESP: (Electronic Stability Program). ESP es un control electrónico de trayectoria. A partir del ángulo de volante y la velocidad de

rotación de las ruedas, el ESP calcula la dirección en la cual el conductor quiere ir. A partir de los captadores de rotación de las ruedas y del captador de la aceleración transversal, el ESP detecta en algunas milésimas si el vehículo avanza en otra dirección. Va a intervenir sobre el régimen motor o sobre el sistema de frenado, de tal modo que mantenga la estabilidad del vehículo para conservar la trayectoria.

- EBD: (Electronic Brakeforce Distributor). El EBD es un repartidor electrónico de frenado. Reequilibra las fuerzas de frenado delanteras y traseras del vehículo bajo distintas cargas y en función de la adherencia.
- ASR:(Anti Slip Regulation). El ASR es un sistema de antipatinaje de las ruedas. Cada rueda es supervisada permanentemente por los captadores de la velocidad de rotación. El sistema ASR detecta inmediatamente si una rueda tiende a patinar. En este caso, el ASR va retrasar la rueda en cuestión y a intervenir en caso de necesidad sobre el mando del motor.
- AFU: Ayuda al Frenado urgente: el AFU es un sistema que detecta un hundimiento brusco del pedal de freno y amplía el frenado de tal modo que acorte la distancia de frenado. El desencadenamiento del AFU se asocia a menudo a la puesta en marcha de las luces de emergencia para prevenir el vehículo que sigue.



Fotografía 17: Parámetros del vehículo.

Esta pantalla de parametrización permite personalizar los parámetros del vehículo que se va a conducir en los ensayos sobre el área de evolución y en los escenarios. Por defecto salen los valores mostrados en la pantalla y la grabadora permite volver a las secuencias gravadas en vista interior, exterior y en el lugar de los otros protagonistas.

El sistema permite las estadísticas de la conducción:

- Tiempos de reacción y de frenado.
- Distancias de reacción y de frenado.
- Velocidad al choque y durante el trayecto.
- Distancias de retención, faltante y visualización de la grafica de frenado.

El sujeto podrá experimentar el vehículo antes de comenzar los ciclos de autopista siendo posible probar el comportamiento dinámico del vehículo sobre esta área. Se puede elegir entre varias situaciones y tres niveles de dificultades por situación (aprendizaje, normal, difícil). Además, algunas alternativas pueden desencadenarse dentro de una situación en función del comportamiento del conductor.

Ciclo autopista

Estas situaciones agrupan todos los elementos de anticipación necesarios para la buena conducción: ver de lejos, adaptar su velocidad, adaptar su posición, prevenir.

- El carril de emergencia: el objetivo de esta situación sobre autopista consiste en circular algunos minutos sin que pase nada para llegar a una situación donde una furgoneta circulando en el carril de emergencia se incorpora precipitadamente sobre la autopista.
- Inserción y adelantamientos: el conductor empieza sobre un aparcamiento cerca de una entrada de autopista. El objetivo consiste en incorporarse y emprender adelantamientos.
- Disminución de velocidad sobre autopista: después de algunos kilómetros de conducción, un frenado con fuerza puede ser necesario ya que se detienen los vehículos que le preceden sobre la calzada a raíz de un accidente.

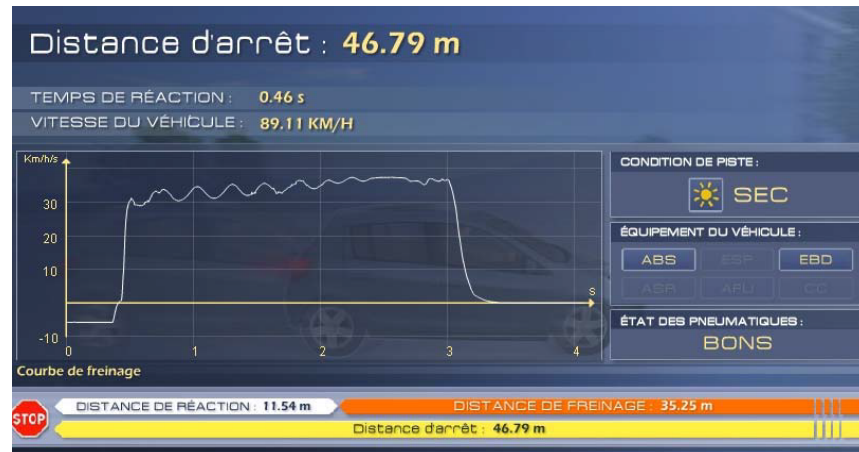
Condiciones de circulación

El conjunto de las secuencias se desarrolla de día con una buena luminosidad. Cada secuencia es de una duración de entre 6 a 10 minutos.



Fotografía 18: Condiciones de circulación.

Existe una opción SCAM EF (Ejercicios de frenado) destinada a entender las distancias de frenado y el tiempo de reacción. Incluye pruebas de frenado impuesto. Estas pruebas pueden realizarse sobre suelo seco, suelo mojado o suelo nevado.



Fotografía 19: Gráfica distancia de frenado y tiempo de reacción.

El programa permite visualizar las principales estadísticas de conducción durante la fase de análisis y de materializar en el entorno su representación. Así pues, en una fase de frenado, la herramienta permite poner de relieve la distancia de reacción y la distancia de frenado. Esta herramienta permite también dar la distancia (en segundos) con el vehículo que precede, lo que permite ilustrar el problema de las distancias de seguridad, en particular, sobre autopista.

PRUEBAS DE FRENADO Y CONDUCCIÓN

El objetivo de esta parte del SCAM es por una parte tomar en mano el vehículo del simulador sobre una área de circuito cerrado para abordar las distancias de detención introduciendo el concepto de tiempo de reacción, gracias a las pruebas de frenado. Todos estos ejercicios pueden realizarse sobre suelo seco, sobre suelo húmedo o sobre suelo nevado .



Fotografía 20: Pruebas de frenado.



Fotografía 21: Pruebas de conducción por autopista.

- Dräger Alcotest 6810

El Dräger Alcotest 6810 (Fotografía 22) ofrece al usuario profesional un análisis preciso y rápido de la tasa de alcohol en aliento, de una forma sencilla y fácil. Dispone de multitud de opciones de configuración, por lo que el equipo es adaptable a las diferentes estipulaciones y normativas internacionales. En unos segundos, el instrumento ofrece resultados con la máxima exactitud. De manejo sencillo y seguro, sus procesos automatizados para la toma de muestras y calibrado, facilitan su utilización. Todas las funciones de medición se controlan mediante un único botón y la navegación por el menú se realiza con dos botones. Una boquilla especialmente adaptada permite un rápido y seguro acoplamiento, hasta en entornos oscuros. Análisis preciso y rápido. El sensor dinámico Dräger 1/4", de gas optimizado produce una reacción específica en presencia de alcohol. Con una disponibilidad rápida de medición. La última tecnología electrónica así como unos tramos cortos y directos entre los componentes neumáticos y electrónicos, garantizan la disponibilidad operacional en sólo unos segundos.

La boquilla con válvula anti-retorno "Slide'n'click", su contorno, facilita instintivamente su correcta colocación. La salida de aire, sin obstáculo alguno, impide la posibilidad de manipulación de los resultados en el momento de la toma de muestras. Las boquillas vienen empaquetadas individualmente y pueden instalarse en el equipo de medición de manera fácil e higiénica. El orificio de soplado permanece constantemente protegido, hasta el momento de la retirada completa del envase plástico.

Un separador en la propia boquilla evita que los labios de la persona examinada entren en contacto con la carcasa del instrumento de medición. Realiza también la función de propulsor de las boquillas. Las boquillas vienen empaquetadas individualmente y pueden instalarse en el equipo de medición de manera fácil e higiénica.

El orificio de soplado permanece constantemente protegido, hasta el momento de la retirada completa del envase de plástico. La interacción entre usuario y aparato se realiza a través de una pantalla iluminada con indicaciones fácilmente visibles y presentación íntegra del texto. Un indicador LED de colores y señales acústicas acompañan el resultado, junto con una memoria integral de datos. Pueden almacenarse hasta 10 resultados, que quedan registrados con número de prueba en la memoria. Al apretar las teclas del menú se pueden visualizar los resultados individuales de medición guardados en la memoria.

Procesos automatizados para la toma de muestras y calibrado, facilitan su utilización. Es de los pocos del mercado que se pueden *calibrar*, siendo su vida útil ilimitada. En un breve lapso de tiempo, el equipo facilita en pantalla el resultado de la medición, de bajo consumo de energía con tan sólo 2 baterías Mignon (células AA) pueden realizarse más de 1500 test de alcoholemia.

Dräger Alcotest 6810 dispone de un interface óptico para transferir los datos y generar un protocolo de prueba en una impresora. Los últimos 250 resultados de la medición con sus correspondientes números de prueba, fecha y hora quedan registrados en la memoria. Pulsando las teclas del menú se pueden visualizar los resultados individuales de medición guardados en la memoria o también se pueden transferir a un PC. Posee una memoria integral de datos.



Fotografía 22: Dräger Alcotest® 6810

El alcoholímetro Dräger Alcotest® 6810, es un dispositivo de:

- Manejo sencillo y seguro
- Análisis preciso
- Disponibilidad rápida de medición
- Memoria integral de datos
- Sensor electroquímico
- Efecto Tindall
- Calibración reciente
- Precisión $\pm 0,05\%$
- Margen de error $\pm 5\%$
- Rango de medida: 0.0

INFORMACIÓN TÉCNICA [46]	
Principio de medición	Sensor Dräger electroquímico en versión 1/4"; específico para alcohol
Rango de medida	0 hasta 2,5 mg/litro; indicación en pantalla al sobrepasar el margen de medición
Toma de pruebas	Toma de muestra automática cuando se obtiene el mínimo volumen Posibilidad de realizar pruebas pasivas sin boquilla o inicio manual
Disponibilidad operacional Indicación del resultado de medición	Aprox. 6 s después del encendido Máximo 3 s (con 0 mg/l); Máximo 10 s (con 0,50 mg/l) - Temperatura ambiente
Temperatura operacional	-5 hasta +50 °C
Pantalla	Indicación gráfica LCD con iluminación de fondo; 41 mm x 24 mm (128 x 64 Pixel)
LED	De tres colores para facilitar lectura de indicación y de aviso
Función acústica de control	Diferentes sonidos de control, para facilitar información e indicación de aviso
Memoria	Almacenamiento de los últimos 250 tests con número de test, fecha y hora
Suministro de energía	Dos baterías AA alcalinas o NiMH. Indicación de estado de carga en pantalla. Con un set de baterías alcalinas pueden hacerse aprox. 1.500 tests de alcoholemia
Calibración	Calibrado con gas húmedo simulado, o calibrado con gas seco
Medidas, peso	140 mm x 70 mm x 30 mm, aprox. 195 g, incl. baterías
Configuración Software	Configuración de ajuste directamente en el aparato y a través del menú (se necesita PIN); No es preciso software adicional de ordenador para configurar el instrumento de medición
Vibración y choque	Cumple EN 60068-2-6, EN 60068-2-29
Marcado CE	Directiva 89/336/CE (compatibilidad electromagnética)

Tabla 11: Información técnica Dräger Alcotest 6810

Tabla 12: Datos técnicos Dräger Alcotest 6810

DATOS TÉCNICOS	
Principio de medición	Sensor electroquímico
Margen de medición	
Concentración de alcohol en el aliento	0,00 a 2,50 mg/L (Masa de etanol por volumen respiratorio con 34° C y 1013 hPa.)
Concentración de alcohol en la sangre	0,00 a 5,00 ‰ (Masa de etanol por volumen o masa de sangre con 20° C y 1013 hPa. En la indicación de estos datos se utiliza un factor de conversión de 2100 entre los datos de concentración de alcohol en el aliento y en la sangre.)
Margen de indicación	
La indicación es idéntica con el margen de medición. Si el resultado de la medición se sitúa fuera del margen de medición, se muestran tres flechas "↑ ↑ ↑" en la pantalla = superación del margen de medición.	
Condiciones ambientales	
En funcionamiento	-5 a 50° C 10 a 100% h.r. (sin condensación) 600 a 1400 hPa.
En almacenamiento	-40 a 70° C
Muestreo	
Duración mínima del soplado	Ajustable 2 s preajustados
Volumen mínimo	Preajustados 1,2 L preajustados
Precisión de medición	
Desviación estándar de la reproducibilidad con estándar de etanol	
hasta 0,50 mg/L	0,008 mg/L or
≥ 0,50 mg/L	1,7 % del valor medido el valor que sea más elevado
Derivación de la sensibilidad	típica 0,6 % del valor medido/mes
Tiempo de espera para la disposición para la medición	
1ª medición	aprox. 6 s
tras una medición anterior con: (Resultado de concentración del alcohol en el aliento)	
0,25 mg/L	20 s
0,50 mg/L	40 s
1,00 mg/L	80 s
> 1,5 mg/L	120 s
Después del cálculo del valor medido de:(indicación en concentración de alcohol en la sangre)	
0,50 ‰	20 s
1,00 ‰	40 s
2,00 ‰	80 s
> 3,00 ‰	120 s
Dimensiones	140 mm x 80 mm x 35 mm (Ancho x Alto x Fondo)
Peso	aprox. 195 g
Suministro eléctrico	
Baterías	2 baterías alcalinas de 1,5 (Mignon, LR6, AA) aproximadamente 1500 mediciones, o 2 baterías de NiMH de 1,2 V (Mignon, LR6, AA)
Marcado CE	Compatibilidad electromagnética (directiva 89/336/CEE)

3.1.1.c.3 Alcohol etílico

Para llevar a cabo este estudio de investigación se utiliza como bebidas alcohólicas:

- Vino tinto,
- Vino rosado y
- Vino blanco.

La graduación oscila entre 12° Vol./L. a 14° Vol./L.



Fotografía 23: Vino blanco



Fotografía 24: Vino tinto



Fotografía 25: Copa vino tinto

3.1.1.c.4 Consentimiento informado y aspectos deontológicos

- **Consentimiento informado**

La necesidad de incorporar documentos de consentimiento informado en las actividades de investigación relativas al ámbito de la salud, viene recogida en la Ley 41/2002, de 14 de noviembre, básica reguladora de la autonomía del paciente y de derechos y obligaciones en materia de información y documentación clínica [47] .

También debe ser considerada la Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre, de Protección de Datos de Carácter Personal. En el cual se establece que los datos referidos a la salud de las personas deben estar especialmente protegidos y establece la normativa al respecto [48].

Ambos aspectos, la necesidad de documentos de consentimiento informado y la protección de datos, son referidos en la Directiva comunitaria 95/46, de 24 de octubre donde se especifica la información necesaria, la realización de cualquier tipo de investigación relacionada con la salud y el tratamiento de sus datos [49].

En este sentido y considerando la normativa existente, tanto a nivel estatal como comunitario, se elabora un documento de consentimiento informado (ANEXO B.1.4) que recoge los siguientes apartados:

- Respecto a la prueba:
 - Características de las pruebas a realizar.
 - Duración de la misma.
 - Objeto de la misma.

- Respecto a los investigadores:
 - Marco de la investigación en el cual se engloba el estudio.
 - Datos relativos al investigador.
 - Obligación a la información y contestar a las preguntas solicitadas por el sujeto de estudio.

- Respecto a los derechos del sujeto de estudio:
 - Derecho a la información del sujeto objeto de estudio.
 - Derecho a la realización de las preguntas que considere necesarias.
 - Derecho a la negativa a participar en el estudio.
 - Derecho del sujeto a interrumpir el estudio cuando lo crea oportuno.

- Respecto a los datos:
 - Carácter de los datos.
 - Custodia de la información.
 - Finalidad de uso de los datos.
 - Derechos del sujeto participante sobre los datos.

▪ **Aspectos deontológicos del estudio**

Los aspectos a reseñar en este estudio son:

- A. El alcohol etílico es una droga legalizada, tanto su consumo como la venta del mismo, siempre dentro de la mayoría de edad permitida en España (18 años) y teniendo en cuenta que es una sustancia que altera la mente y puede hacer perder el control de sí mismo, llegando a causar la muerte cuando se consume en grandes cantidades (ingestas $> 3,5$ g/L de alcohol en sangre ó 7 mg/L en aire espirado) [35].
- B. Los niveles de alcohol que se han utilizado para la realización de éste trabajo son niveles muy bajos; niveles que están permitidos dentro de la normativa vigente española ($\leq 0,25$ mg/L en aire espirado) [26].
- C. Todos lo individuos voluntarios que se prestaron a realizar el estudio firmaron un consentimiento informado (CI) como que accedían a realizar las pruebas y autorizaban a dar sus datos, así como a ser fotografiados y grabados en vídeo, aún sabiendo que para el tratamiento de la investigación estos serían anonimizados.

3.1.1.c.5 Certificado del Comité Ético de Investigación Clínica

La necesidad del estudio lleva a solicitar un Certificado al Comité Ético de Investigación Clínica (CEIC) del Hospital Clínico San Carlos con número de código interno 12/200-E (ANEXO B.1.5), cumpliéndose así los requisitos necesarios de idoneidad del protocolo en relación con los objetivos del estudio y están justificados los riesgos y molestias previstas para el sujeto, como el adecuado procedimiento para obtener el consentimiento informado. La capacidad del investigador y los medios disponibles adecuados para llevar a cabo el estudio así como el alcance de las compensaciones económicas previstas que no interfieren con el respeto de los postulados éticos.

Para solicitar el mismo se realiza un protocolo del estudio donde se especifica la metodología que se va a utilizar, el modo de reclutamiento de los sujetos, criterios de inclusión y exclusión en el estudio, forma prevista de asegurar la vigilancia de los mismos, cálculo del tamaño de la muestra, variables utilizadas, análisis estadístico previsto.

Los aspectos éticos y medidas para proteger la confidencialidad, se realizan a través del Consentimiento Informado, en cumplimiento de la Ley Orgánica 15/99 sobre la Protección de Datos de Carácter Personal, desarrollada en el Reglamento aprobado por el Real Decreto 1720/2007 [50].

La financiación del estudio se lleva a cabo por las siguientes empresas:

- ATRESMEDIA: cede el Simulador de Conducción para la realización de esta investigación mediante un contrato-convenio con el Departamento de Toxicología y Legislación Sanitaria de la Facultad de Medicina de la Universidad Complutense de Madrid y la investigadora.

- DRÄGER: cede el Alcotest 6810 para la realización de esta investigación.
- FEDERACIÓN ESPAÑOLA DEL VINO: cede la cantidad de alcohol etílico (vino tinto y/o blanco) necesario para la realización de esta investigación.
- Departamento de Toxicología y Legislación Sanitaria. Facultad de Medicina. Universidad Complutense de Madrid: cede su infraestructura.

Sin financiación:

- Investigador/promotor
- Voluntarios para el estudio

El Comité informa de manera favorable sobre la realización del proyecto de investigación que cumple los preceptos éticos formulados en la Declaración de Helsinki de la Asociación Médica mundial sobre principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos y en sus posteriores revisiones, así como aquellos exigidos por la normativa legal aplicable en función de las características del estudio.

3.2. MÉTODO ---

3.2.1.a ESTUDIO 1 (N=121)

Método a seguir con la muestra N=121

En este primer estudio se emplea una muestra de 121 sujetos con un rango de edad comprendido entre 20 y 70 años que realizan dos pruebas, una con la tarea visual y otra la misma tarea con la auditiva de forma simultánea.

- 1ª prueba con una tarea visuo - cognitiva motor (VCM).
- 2ª prueba con la misma tarea VCM más otra logo – audio cognitiva (LAC) de forma simultánea.

Para la mitad de los individuos se invirtió el orden de realización de la tarea LAC para valorar el efecto del aprendizaje. Los 60 primeros sujetos realizaron la tarea VCM y a continuación la tarea simultánea, mientras que los 60 restantes lo hicieron en orden inverso.



Fotografía 26: Realización prueba TRCAV

3.2.1.a.1 Realización del TRCAV (Fotografía 1)

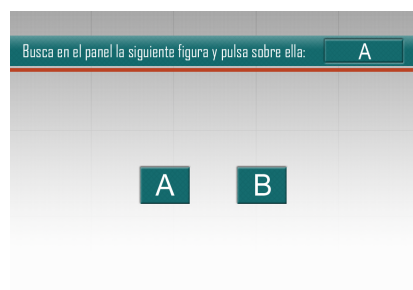
Los voluntarios a estudio realizaban con el TRCAV dos tareas:

- Una tarea visual
- Otra tarea simultánea

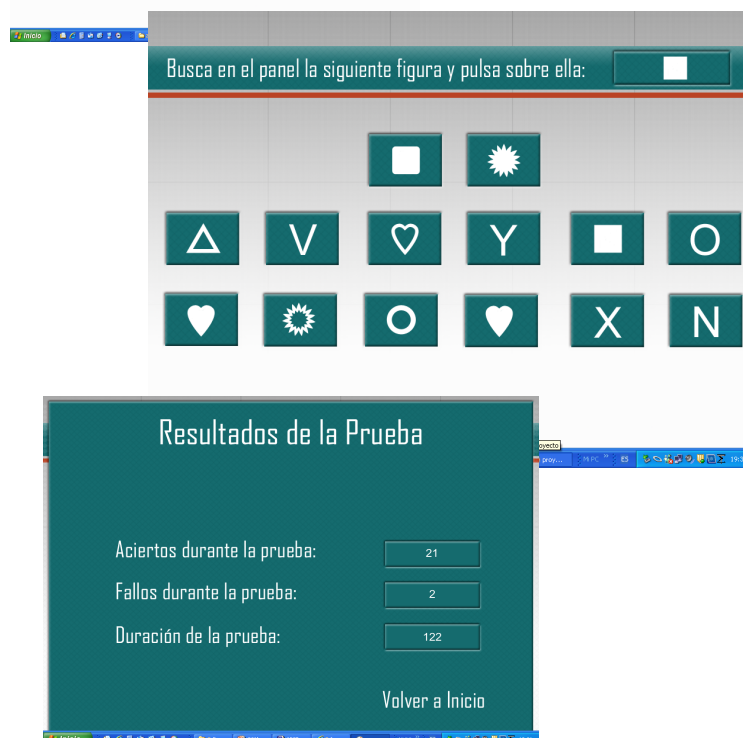
TAREA VISUAL

Tarea psicométrica con percepción visual y respuesta motriz que consta de 23 pantallas, con una duración aproximada de la prueba visual de 1 minuto para asegurarse que los sujetos mantenían la concentración durante ese breve periodo de tiempo. En cada pantalla aparecen una serie de “ítems” en orden creciente de dificultad (detalles, perfiles, letras, símbolos,...).

PRUEBA VISUO- CONGNITIVA MOTOR (VCM)



Fotografías 27 y 28: VCM (TRCAV)



Fotografía 29: Resultados de la prueba VCM del TRCAV

Al termino del programa aparece una recopilación de resultados donde se ven reflejados el numero de aciertos, los fallos y tiempo empleado en realizar la prueba.

TAREA SIMULTÁNEA

Posteriormente realizan una *tarea simultánea*, es decir una tarea visual junto con otra tarea auditiva. Esta última consta de una secuencia de 31 preguntas vocales en formato mp3 (TABLA 13) que implicaba percepción auditiva y respuestas orales. Estas preguntas presentan diferente grado de dificultad: unas más sencillas de fácil respuesta, y otras más complejas que requieren un mayor procesamiento cognitivo.



Fotografía 30: Realización VCM

TABLA 13: PRUEBA LOGO - AUDIO COGNITIVA (LAC)
Preguntas que fueron empleadas como estímulo auditivo

1.- Cuenta de 0 al 20 de 3 en 3	0 3 6 9 12 15 18
2.- Cuanto da $15 + 27 =$	42
3.- Deletree MATEMATICAS	M A T E M A T I C A S
4.- Diga el doble de 27	54
5.- Cuanto es $30 \times 20 =$	600
6.- Dígame cuantos animales le voy a nombrar cigüeña, rata, perro, gato y pingüino	5
7.- Cuente de 50 a 60 de mayor a menor	60 59 58 57 56 55 54 53 52 51 50
8.- Como se llama la reina de España	SOFIA
9.- Cual es el día q esta en medio de la semana	JUEVES
10.- Cual es la mitad de 468	234
11.- Diga el 2 y 9 mes del año	FEBRERO Y SEPTIEMBRE
12.- Cuanto es $400 - 57$	343
13.- Que color de la bandera de España se repite	ROJO
14.- Si mezclás el blanco con el negro que color sale	GRIS
15.- Deletree ARBOL al revés	LOBRA
16.- Cuantas vocales tiene la palabra pingüino	4
17.- Que palabra es mas larga papelera o cartelera	CARTELERA
18.- Cuanto da $500 - 97 =$	403
19.- Que orden ocupa la H de Huesca en el abecedario	8
20.- Cuanto es $26 + 36 =$	62
21.- Dígame cuantos colores voy a nombrar amarillo, rojo, negro, verde, azul y blanco	6
22.- Cuantas caras tiene un cubo	6
23.- Diga el triple de 33	99
24.- De cuantas provincias se compone la comunidad madrileña	1
25.- Cuente de 12 en 12 hasta el 60	12 24 36 48 60
26.- Que numero es mayor 749.565 o 749.536	749.565
27.- Cuente de 7 en 7 hasta el 30	7 14 21 28
28.- Diga la mitad de 122	61
29.- Deletree PARAGUAS	P A R A G U A S
30.- Que orden ocupa la L de Leganes en el abecedario	12
31.- Cuantas consonantes tiene la palabra chubasquero	6

3.2.1.b ESTUDIO 2 (N=20)

Método a seguir con la muestra N= 20

En este segundo estudio de investigación se emplea una muestra de 20 sujetos con un rango de edad comprendido entre 23 y 55 años, y de diferentes profesiones.

El método a seguir con cada uno de los 20 sujetos es el siguiente:

- 1º) Exploración optométrica donde se realiza una serie de medidas optométricas:
 - Optotipo AV_(L)
 - Linterna
 - Ocluser traslúcido
- 2º) Test de rendimiento función cognitiva audio visual (TRCAV)

3.2.1.b.1 Medida de la AV de lejos (5 metros) de manera monocular y binocular antes y después de ingerir alcohol etílico:

Medir la AV monocular y binocular de lejos (5 metros) cuando el alcohol ha llegado a la fase de absorción, desde la ingesta del mismo al pico máximo cuando coincide con la fase de distribución, cuando pasa el alcohol etílico a la sangre.

Se toma a cada individuo la medida de la AV de lejos (5 metros) de manera monocular y binocular antes de la ingesta de alcohol, previamente después de haber soplado con el alcoholímetro dando 0,00 mg/L en aire espirado y después de ingerir alcohol etílico. Posteriormente, se vuelve a medir la AV monocular y binocular de lejos (5 metros) cuando el alcohol ha llegado a la fase de absorción ($\leq 0,25$ mg/L en aire espirado), desde la ingesta del

mismo al pico máximo cuando coincide con la fase de distribución, es decir cuando pasa el alcohol etílico a la sangre.

Para medir la AV de lejos de manera monocular se utiliza un Spielman oclisor traslúcido (Fotografía 3) para proporcionar la oclusión del ojo que no se va a medir. Al mismo tiempo se observan los movimientos del ojo ocluido (en el caso de existir alguna foria). Cuando se mide la AV de lejos de manera binocular se realiza con los dos ojos sin ocluir.

3.2.1.b.2 Reacción pupilar

Seguidamente de medir la AV de lejos tanto monocular como binocular, se pasa a examinar los reflejos pupilares y/o reacción pupilar ante un estímulo de luz. Reacción pupilar antes y después de la ingesta del alcohol etílico, ante un estímulo de luz, con una linterna (Fotografía 4) para observar los reflejos pupilares.

Examinar la reacción pupilar ante un estímulo de luz cuando el alcohol ha llegado a la fase de absorción, desde la ingesta del mismo al pico máximo cuando coincide con la fase de distribución, es decir, cuando pasa el alcohol a la sangre.

3.2.1.b.3 Realización del TRCAV®, antes y después de la ingesta de etanol

Después de medir la AV de lejos y la reacción pupilar se pasa a realizar una tarea psicométrica con percepción visual y respuesta motriz que consta de 23 pantallas empleado para el estímulo visual y 31 preguntas empleadas para el estímulo auditivo (Test de Rendimiento de Función Cognitiva y Visual (TRCAV) para valorar hasta que punto una tarea visual

(VCM) se puede ver afectada en su eficacia al realizarse al mismo tiempo con otra auditiva (LAC). (Fotografías: 27 y 28).

Los sujetos realizan esta prueba antes de la ingesta del alcohol y después de la ingesta del alcohol etílico.

Al término del programa aparecen los resultados alcanzados por el sujeto que está realizando la prueba, donde se detallan (Fotografía 29):

- los aciertos
- los fallos
- el tiempo empleado en realizar la misma.

Se diseña también una secuencia de preguntas orales con soporte informático multimedia que implica percepción auditiva (LAC) y respuestas orales que consta de 31 preguntas. Estas preguntas son de diferente grado de dificultad: unas más sencilla que no exigen una demanda de atención, y otras más complejas que requieren un mayor procesamiento cognitivo. En este caso el “ítem” siguiente se presenta sin que el sujeto responda, es decir la secuencia de preguntas se hace sucesivamente con un intervalo de tiempo estimado para que le de tiempo al sujeto a responder (TABLA 13).

Simultáneamente con la prueba del TRCAV, los sujetos realizan dos pruebas, una primera prueba con la tarea visual y la auditiva de forma simultánea; y la segunda prueba con la misma tarea visual y auditiva pero ésta bajo los efectos del alcohol etílico.

A todos los sujetos se les comienza en la segunda prueba por la siguiente pregunta en la que se quedan en la primera prueba para evitar el efecto del aprendizaje, salvo a aquellos sujetos que contestaron a las 31 preguntas (TABLA 13: *PRUEBA LOGO - AUDIO COGNITIVA (LAC), preguntas*

que fueron empleadas como estímulo auditivo) en la primera prueba y se les volvió a repetir las mismas preguntas en la segunda prueba.

Estas preguntas presentan diferente grado de dificultad: unas más sencillas de fácil respuesta, y otras más complejas que requieren un mayor procesamiento cognitivo.

Realizar el TRCAV cuando el alcohol etílico ha llegado a la fase de absorción, desde la ingesta al pico máximo de absorción cuando comienza la fase de distribución, es decir, cuando pasa el alcohol etílico a la sangre.

3.2.1.b.4 Dispositivo de Dräger Alcotest 6510

Determinar el alcohol etílico con el dispositivo de Dräger Alcotest 6510, antes de la ingesta de etanol para verificar que no están bajo los efectos del mismo [45].



Fotografía 31: Dräger Alcotest 6510

Para la realización de la prueba se tomaron más de dos tomas para evitar el margen de error.

Ingerir alcohol etílico, dos o tres vasos de vino o aguardiente y poner en marcha el cronómetro. La cantidad de alcohol etílico ingerida por cada individuo fue voluntaria, equivalente a unos 150 ml, ya que no era necesario la ingesta de grandes cantidades puesto que el estudio es con dosis bajas de etanol para evaluar la reacción con muestras dentro del marco legal (< 0,25 mg/L en aire espirado).

Determinar el alcohol etílico con el dispositivo de Dräger Alcotest 6510, después de la ingesta de etanol, a los 30 minutos o 60 minutos, para verificar qué cantidad de alcohol en aire espirado tiene cada individuo, es decir, cuando están en la fase máxima de absorción y comienza la distribución del mismo a la sangre.

3.2.1.c ESTUDIO 3 (N=123)
Método a seguir con la muestra N=123

En este tercer estudio de investigación y objeto de esta Tesis Doctoral, la metodología a seguir con cada uno de los 123 sujetos voluntarios a estudio es la siguiente:

1º) Exploración optométrica:

- Medida de AV de lejos monocular y binocular.
- Medida de AV de cerca monocular y binocular.
- Medida de la distancia interpupilar (DIP).
- Medida del diámetro pupilar de ambos ojos (AO).
- Análisis de la reacción pupilar ante un estímulo visual.

2º) Conducción de un simulador de vehículo a motor:

- Análisis de frenada.
- Análisis de un trayecto por autopista.
- Medidas optométricas:

Optotipo AV_(L) y optotipo AV_(C)

Linterna

Oclusor traslúcido

Regla medida distancia interpupilar (DIP)

Regla pupilometro

- Dräger Alcotest 6810
- Simulador de conducción SCAM 0603
- Microsoft Office 2011 para Mac
- SPSS 19 (programa estadístico)

Todas las pruebas realizadas se hacen primero en condiciones normales, es decir sin ingerir nada de etanol. Para ello, se les hace soplar con el dispositivo de Dräger Alcotest 6810 para verificar que no contienen nada de

alcohol, es decir el resultado de la prueba del alcoholímetro debe de dar 0.00 mg/L en aire espirado.

Para la realización de la prueba de soplado con el alcoholímetro se tomaron más de dos tomas para evitar el margen de error.



Fotografía 32: Dräger 6810.
Medida 0.00 mg/L aire espirado

Ingerir alcohol étílico, dos o tres vasos en función del peso y el sexo del individuo, cantidad calculada para que no sobrepase la concentración de alcohol en sangre de 0.5 mg/L ó 0.25mg/L en aire espirado.

TABLA 14: INGESTA DE ALCOHOL EN FUNCIÓN DEL SEXO- PESO-TALLA

	N	Media	Error estándar de la media	Mediana	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
EDAD	123	32,2	1,0	31,0	11,2	18	63
TALLA	123	174,2	0,8	175,0	9,1	152,0	195,0
PESO	123	75,5	1,6	73,0	17,4	46,5	144,0
ALCOHOLÍMETRO (mg/L aire espirado)	123	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
INGESTA ALCOHOL (mL)	123	266,1	6,4	267,0	71,3	147,0	525,0

Tabla 14: Ingesta de alcohol en función del sexo-peso-talla

La cantidad de etanol ingerida por los sujetos a estudio oscila entre 147 ml y 525 ml, en función del peso y el sexo. Esta cantidad fue ingerida después de realizar todas las pruebas optométricas y las pruebas de frenado y autopista realizadas con el simulador de conducción en estado normal, es decir sin ingesta de alcohol, con 0.00mg/L en aire espirado.

Tras la cantidad de ingesta de etanol que ingiere cada individuo en función de su peso y sexo, se determina una primera toma con el Dräger Alcotest 6810 a los 15 minutos, otra toma a los 30 minutos, otra toma a los 40 minutos, otra toma a los 50 minutos y una última toma a los 60 minutos para verificar qué cantidad de etanol en aire espirado tiene cada individuo, es decir, cuando están en la fase máxima de absorción y comienza la distribución del mismo a la sangre.

TABLA 15: CONCENTRACIÓN DE ALCOHOL EN FUNCIÓN DEL TIEMPO (N= 123)

	N	Media	Error estándar de la media	Mediana	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
ALCOHOLÍMETRO 15'	123	0,161	0,006	,1600	0,068	0,00	,36
ALCOHOLÍMETRO 30'	123	0,188	0,006	,1800	0,065	,04	,37
ALCOHOLÍMETRO 40'	123	0,192	0,005	,1900	0,060	,04	,35
ALCOHOLÍMETRO 50'	123	0,188	0,005	,1900	0,055	,06	,32
ALCOHOLÍMETRO 60'	123	0,175	0,004	,1800	0,047	,05	,28

Tabla 15: Concentración de alcohol en función del tiempo (N= 123)

3.2.1.c.1 Medida de AV de lejos y cerca

Se le toma a cada individuo la medida de la AV de lejos (5 metros) y medida de la AV de cerca (entre 25 y 33 centímetro) de manera monocular y binocular antes de la ingesta de alcohol, previamente después de haber soplado con el alcoholímetro dando 0,00 mg/L en aire espirado y después de ingerir alcohol etílico:

Medir la AV monocular y binocular tanto de lejos (5 metros) como de cerca (entre 25 y 33 centímetro) antes de la ingesta de alcohol (0,00 mg/L en aire espirado) y cuando el alcohol ha llegado a la fase de absorción ($\leq 0,25$ mg/L en aire espirado), desde la ingesta del mismo al pico máximo cuando coincide con la fase de distribución, es decir cuando pasa el alcohol etílico a la sangre.

3.2.1.c.2 Respuesta y medida del diámetro pupilar

- Medida del diámetro pupilar del ojo derecho (OD) y del ojo izquierdo (OI) antes y después de ingerir alcohol etílico:

Medida del diámetro pupilar de ambos ojo (AO) con una regla o pupilómetro antes de la ingesta de alcohol (0,00 mg/L en aire espirado) y cuando el alcohol ha llegado a la fase de absorción ($\leq 0,25$ mg/L en aire espirado), desde la ingesta del mismo al pico máximo cuando coincide con la fase de distribución, es decir cuando pasa el alcohol etílico a la sangre.

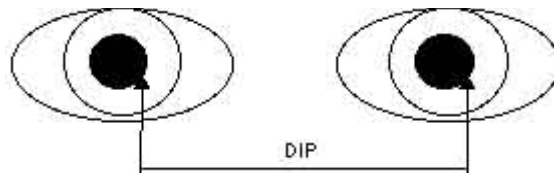
Las medidas del diámetro pupilar las deberemos realizar en ambos ojos para comparar los resultados y ver si existe isocoria o anisocoria, y en cada ojo si el tamaño es normal o si hay miosis o midriasis.

TABLA 16: DIÁMETRO PUPILAR

TAMAÑO O DIÁMETRO PUPILAR	ISOCÓRICAS	NORMAL (de 2 a 6 milímetros) (mm)		
		MIDRIASIS (6 mm a 10 mm)	Paralítica	Por parálisis del M.O.C. (Esfínter de la pupila)
			Espasmódica	Por excitación del simpático (dilatador de la pupila)
		MIOSIS (< 2 mm)	Espasmódica	Por excitación del M.O.C.(esfínter de la pupila)
			Paralítica	Por parálisis del simpático (Dilatador de la pupila)
	ANISOCÓRICAS	<ul style="list-style-type: none"> - Ambas pupilas midriásicas - Ambas pupilas miósicas - Una normal y otra midriática - Una normal y otra miósica - Una midriásica y otra miósica 		

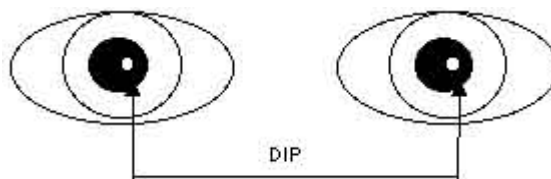
Para la medición de la DIP de lejos se ha utilizado la escala n°:1 de la cara A o la escala n°:3 de la cara B, para ello se le tuvo que pedir al voluntaria que estaba realizando la prueba lo siguiente:

- Que mire nuestro ojo izquierdo (cerrando nosotros el derecho),
- Alinear el cero con el borde pupilar nasal,
- Que mire nuestro ojo derecho (cerrando nosotros el izquierdo)
- Medir la distancia hasta el borde temporal pupilar.



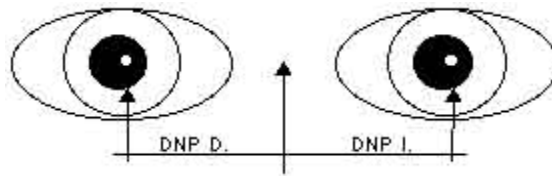
Fotografía 33: Distancia interpupilar (DIP)

Con la linterna puntual, se realizan los mismos pasos anteriores pero pidiendo que mire la linterna, primero, poniéndola pegada al lado izquierdo de nuestra cara y luego en el derecho, tomando como punto de referencia el reflejo corneal, siendo este procedimiento de mayor exactitud en la medición.



Fotografía 34: Distancia interpupilar (DIP)

Para la medida de las DNP de lejos se utiliza la escala n° 2 impresa en ambas caras (Fotografía 9), midiendo del centro hasta el reflejo pupilar, teniendo la linterna en el mismo lado de la medición.



Fotografía 35: Distancia nasopupilar (DNP)

Para las mediciones de la DIP o las DNP de cerca, se tomaron la medida pidiendo al paciente que mire a nuestra nariz o a una linterna colocada a 40 cm delante del sujeto.

- Reacción pupilar de ambos ojos (AO) antes y después de la ingesta de alcohol etílico:

Examinar la reacción pupilar ante un estímulo de luz antes de la ingesta de alcohol etílico y después de la ingesta del mismo cuando ha llegado a la fase de absorción, es decir, cuando pasa el alcohol a la sangre.

Para examinar la reacción pupilar se empleó un estímulo de luz con una linterna para observar los reflejos pupilares y la contracción pupilar al alumbrar con un haz de luz en el OD se observa cómo se contrae este y de manera consensuada el OI. Este mismo proceso se realiza con el OI, observando cómo se contrae este y el OD consensuadamente.

3.2.1.c.3 Prueba simulador de la conducción de vehículos a motor

Los sujetos a estudio, previa explicación de los parámetros del simulador de conducción (frenos ABS, retrovisores, cambio automático, motor gasolina) y de cómo es la prueba a desarrollar, realizan dos pruebas, con el Simulador de Conducción SCAM 0603 para evaluar la capacidad y los tiempos de reacción ante estímulos visuales inesperados, o manteniendo la trayectoria del vehículo por un circuito complejo en el trazado establecido, como pueden ser:

- Evitar un obstáculo.
- Reducir el ángulo de giro en una curva.
- Trayecto recto y sinuoso.

Estas pruebas las realizan en condiciones normales (0.00 mg/L aire espirado) y la misma prueba bajo los efectos del alcohol etílico, en dosis de concentración alcohólica que no sobrepasen los límites legales de la normativa vigente en España [44] ($\leq 0,25$ mg/L en aire espirado ó 0,5 g/L en sangre). Las pruebas a realizar se llevan a cabo en dos secuencias, una:

1ª prueba de frenado impuesto, y una

2ª prueba de conducción por un escenario de autopista.

Los programas o secuencias a realizar se podían llevar a cabo en superficies secas, húmedas o nevadas (Fotografía 15). Para facilitar la tarea al sujeto a estudio, se realizaron en condiciones óptimas para la conducción, es decir en superficie seca, día soleado.

Estas secuencias son:

A. Pruebas de frenado impuesto:

El individuo se sienta en el asiento del simulador de conducción, se pone o no el cinturón de seguridad. Se le explica cómo tiene que arrancar el vehículo y acelerar al máximo tras lanzar el vehículo recto a una determinada velocidad y mantenerlo hasta que aparezca un estímulo visual y/o auditivo, como puede ser: el panel STOP, una señal sonora, unos CONOS o un SEMÁFORO de manera inesperada y aleatoria, que le hagan frenar repentinamente hasta parar el vehículo.



Fotografías 36 y 37: Realización prueba frenado impuesto.

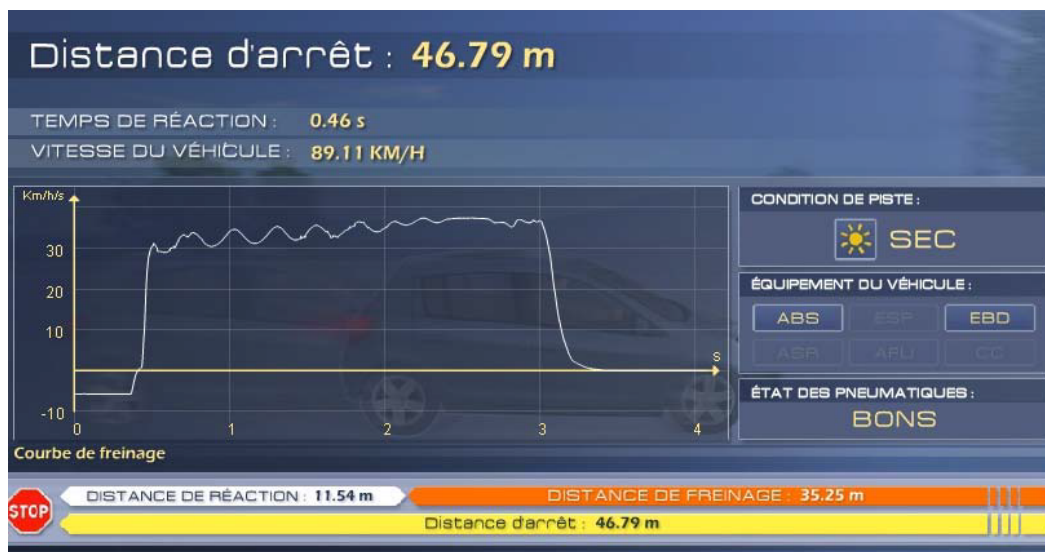
El conductor debe detener el vehículo lo más rápidamente posible, sobre la distancia más corta posible. Así se podrá evaluar: el tiempo de reacción, la velocidad del vehículo, la distancia de reacción, distancia de frenado y distancia de parada. Con estas pruebas de frenado se podrán detectar las distancias de detención junto con el tiempo de reacción.



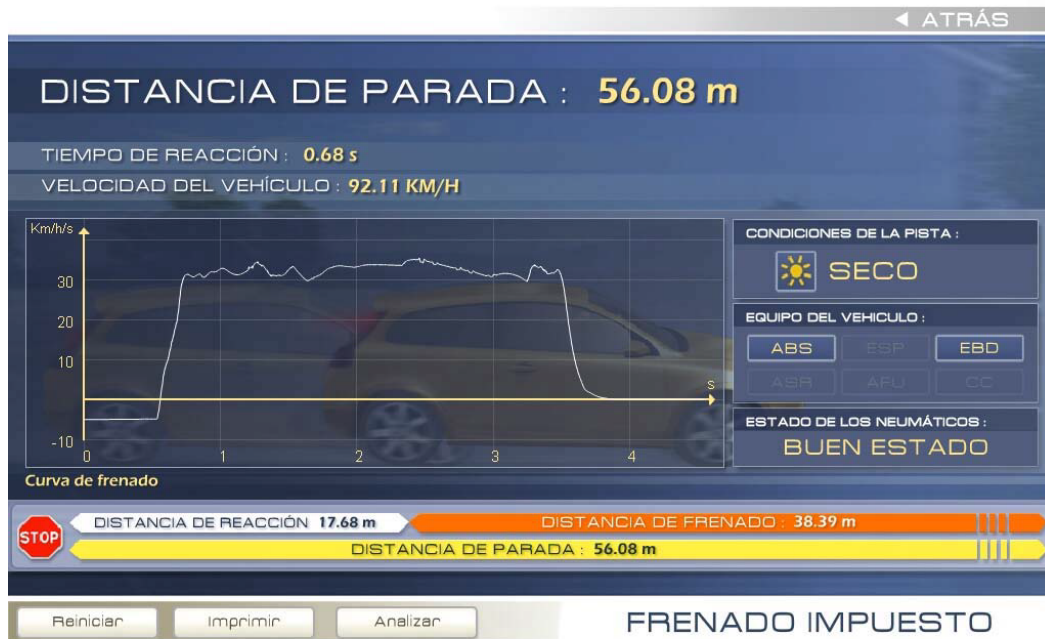
Fotografía 38: Frenado impuesto "STOP"

Esta prueba es repetida por los sujetos tres veces, siendo aleatorio el estímulo que le haga frenar inesperadamente. Después de cualquier prueba de frenado impuesta, una pantalla de resultado con la curva de frenado aparece para dar los resultados de: distancia de detención, velocidad a la cual circulaba cuando el acontecimiento sonoro o visual apareció, tiempo de reacción frente al frenado de emergencia, distancia de reacción correspondiente y distancia de frenado.

- La velocidad del vehículo en kilómetros/hora (km/h).
- La distancia hasta el obstáculo en metros (m).
- El tiempo en segundos (s).



Fotografía 39: Resultados frenado impuesto I



Fotografía 40: Resultados frenado impuesto II

Si el individuo se anticipa o frena antes de la visualización del panel STOP, CONO o SEMÁFORO, en este caso, el cuadro de resultados aparece vacío e indicará el mensaje "frenado anticipado", por lo que debe de ser repetida la prueba otra vez.

B. Prueba de conducción por un escenario de autopista

Escenario de autopista

La prueba que se realiza en este escenario de autopista, aparecen tres niveles de dificultad, junto con distintas secuencias. El conductor comienza sobre un aparcamiento cerca de una entrada de autopista y se incorpora a la misma por un carril de aceleración. Según los niveles de dificultad, aparecerán distintas secuencias que harán que el conductor tenga que frenar o dar un volantazo aportando una serie de resultados, tales como:

- ✓ velocidad del vehículo
 - ✓ distancia del obstáculo
 - ✓ tiempo hasta el obstáculo
 - ✓ distancia de reacción
 - ✓ tiempo de reacción y,
 - ✓ distancia de frenado.
-
- Tiempo de reacción al frenado: es el tiempo que pasa entre el desencadenamiento de un acontecimiento peligroso y la reacción del conductor sobre el pedal de freno.
 - Distancia de reacción: es la distancia recorrida por el vehículo durante el tiempo de reacción.
 - Distancia de frenado: es la distancia que el vehículo tarda para detenerse a una velocidad dada.
 - Distancia de detención o de parada: es la distancia de reacción añadida a la distancia de frenado.

Después de cada escenario de autopista aparece un cuadro de análisis con un gráfico de los resultados obtenidos en ese escenario.

El objetivo de esta prueba consiste en incorporarse y emprender adelantamientos sobre autopista circulando algunos minutos sin que pase nada para llegar a una situación donde una furgoneta circulando en el carril de emergencia se incorpora precipitadamente sobre la autopista o después de algunos kilómetros de conducción, un frenado con fuerza puede ser necesario ya que se detienen los vehículos que le preceden sobre la calzada a raíz de un accidente.



Fotografía 41: Prueba escenario autopista

Niveles de dificultad

a) Autopista 1

Este primer escenario sobre autopista consiste en conducir algunos minutos hasta llegar a una situación donde una furgoneta parada en el carril de emergencia se incorpora sobre la autopista. Con un acontecimiento final donde un camión sobre el carril de parada de emergencia sale precipitadamente sobre el carril derecho.



Fotografía 42: Prueba escenario autopista I

El conductor empieza sobre un aparcamiento próximo a una entrada de autopista. Basta con seguir la vía rápida a una velocidad adecuada para llegar sobre el escenario final algunos kilómetros más lejos. Los distintos niveles de dificultad que se encuentra el sujeto oscilan entre un nivel de tráfico flojo hasta un aumento de tráfico en el cual se debe adelantar un autobús. Después del acontecimiento final, el vehículo que está por delante del vehículo que conduce el sujeto no se detiene, aumentando así la dificultad de la conducción cuando en el momento del acontecimiento, una fila de coches sobre la fila de la izquierda de la calzada impide al conductor desplazarse hacia la izquierda, lo que conlleva frenar bruscamente el vehículo para evitar la colisión con el autobús.



Fotografía 43: Prueba escenario colisión autopista I

Los resultados se inscriben a continuación en el cuadro de análisis:



Fotografía 44: Gráfica resultados escenario autopista I

b) Autopista 2

Al igual que el escenario de la autopista 1, este segundo escenario sobre autopista consiste en conducir algunos minutos hasta llegar a una situación donde un vehículo aparece inesperadamente o hace un cambio de carril inesperado que pone en alerta al sujeto que está haciendo la prueba, reaccionando repentinamente ante el obstáculo en cuestión, bien con un frenazo o bien haciendo un movimiento brusco con el volante (volantazo) hacia la derecha o la izquierda para evitar la colisión.



Fotografía 45: Prueba escenario autopista II

El conductor empieza sobre un aparcamiento cerca de una entrada de autopista. Basta con seguir la vía rápida a una velocidad adecuada para llegar sobre el escenario final algunos kilómetros más lejos. Acontecimiento final: frenado urgente o inserción repentina de una furgoneta o el adelantamiento repentino de un vehículo.



Fotografía 46: Prueba escenario autopista II bis

c) Autopista 3

El comienzo de este escenario se hace de la misma forma que en los escenarios anteriores. Después de algunos kilómetros de conducción, un frenado brutal es necesario ya que se detienen los vehículos de delante. Un vehículo accidentado y la reducción de la calzada a una fila única son la causa de esta disminución de velocidad. El panel amarillo indica un accidente y aparece según los niveles de dificultades.



Fotografía 47: Prueba escenario autopista III

El conductor empieza sobre un aparcamiento cerca de una entrada de autopista. Basta con seguir la vía rápida a una velocidad adecuada para llegar sobre el escenario final algunos kilómetros más lejos. Acontecimiento final: disminución brusca de la velocidad por encontrarse varios vehículos parados en la calzada derecha de la autopista debido a obras en la misma.

El panel amarillo indicativo de obras en el firme es visible a la izquierda de la calzada. El vehículo de adelante pone sus luces de emergencia para indicar una fuerte disminución de la velocidad.

En función de los niveles de dificultad aparecerán distintas secuencias tales como:

- El panel amarillo es visible a la izquierda de la calzada. No hay luces de emergencia para indicarnos la disminución de velocidad.
- El panel amarillo está tumbado, entonces no hay indicación de accidente. Un coche de la fila de la izquierda se mueve precipitadamente hacia nosotros



Fotografía 48: Prueba escenario colisión autopista III

Condiciones de circulación

El conjunto de las secuencias se desarrolla en condiciones fotópicas con una buena luminosidad. Cada secuencia es de una duración de entre 6 a 10 minutos.



Fotografía 49: Prueba escenario autopista - bis

El programa permite visualizar las principales estadísticas de conducción durante la fase de análisis y de materializar en el entorno su representación. Así pues, en una fase de frenado, la herramienta permite poner de relieve la distancia de reacción y la distancia de frenado. Esta herramienta permite también dar la distancia (en segundos) con el vehículo que precede, lo que permite ilustrar el problema de las distancias de seguridad, en particular, sobre autopista.

Cuando se sobrepasa la velocidad límite, se indica brevemente una señal visual para recordarlo al conductor. En todos los escenarios de autopista, el primer adelantamiento coincide con un vehículo encubierto por el ángulo muerto.

3.2.1.c.4. Dispositivo de Dräger Alcotest 6810

Para la realización de medición de alcohol espirado que se realiza en este estudio se utilizó un alcoholímetro Dräger Alcotest 6810. Para la realización de la prueba se tomaron más de dos tomas para evitar el margen de error.

Primero se tomaron pruebas de medición en condiciones normales, es decir, sin ingerir ninguna cantidad de alcohol étílico. Para cada sujeto sometido a la prueba se inserta una boquilla nueva en el dispositivo. Ésta debe respirar con tranquilidad y normalidad antes de la prueba, evitando inspiraciones y espiraciones rápidas por la boca.

El sujeto sometido a la prueba tiene que estar en condiciones de suministrar el volumen respiratorio mínimo de 1.2 L (ajuste de fábrica). El flujo respiratorio tiene que existir durante un tiempo de soplado mínimo (ajuste de fábrica 2 segundos). En caso de necesidad el volumen y el tiempo se pueden modificar a través del menú.

El muestreo se inicia automáticamente al alcanzar el volumen respiratorio mínimo y el tiempo de soplado mínimo. Para la realización de la prueba, cada individuo coloca una boquilla nueva en el soporte. Tras conectar el aparato, al cabo de 2 segundos aparecen en pantalla la información específica de si está activada o "ESPERAR", que al cabo de aproximadamente 6 segundos aparece en pantalla "LISTO" y suena una breve señal acústica. Al mismo tiempo se indica el número de prueba actual. El piloto parpadea de color verde, indicativo que el aparato está listo para la medición. A continuación se pide a la persona que va a ser sometida a la prueba que sople uniformemente y sin interrupciones por la boquilla. La existencia de un flujo respiratorio suficiente se confirma por medio de una señal acústica continua y del piloto verde. Durante el soplado aparece en pantalla: "Soplar". Cuando la muestra es suficiente, se apagan el piloto verde y la señal acústica continua y en pantalla aparece: *"ESPERAR Análisis"*. El resultado de la prueba aparece en pantalla al cabo de 5 a 25 segundos (en función de la temperatura del aparato y la concentración medida).

El resultado de la medición se representa con la correspondiente unidad. La unidad está ajustada en fábrica a mg/L (miligramos de etanol por litro de aire respiratorio). Si durante el soplado existe algún error debido a que el volumen de la muestra es insuficiente, aparece en pantalla: *"Volumen insuficiente"* o si la aspiración es abrupta, al final del soplado aparece en la pantalla: *"Soplado inválido"*, suena una breve señal acústica y el piloto de color rojo parpadea, se les toma una nueva medición pulsando la tecla "OK". El aparato vuelve a estar listo para la medición al cabo de aproximadamente 4 segundos.

Una vez que hayan aparecido "ESPERAR" o "LISTO", el sujeto puede comenzar a realizar la prueba de soplado hasta que suene un breve señal acústica indicativo de que tiene que dejar de soplar.



Fotografía 50: Prueba soplado alcoholímetro Dräger 6810

3.3. Método estadístico

La naturaleza del estudio hace que el procedimiento estadístico se diferencie en una parte descriptiva y otra analítica. Los objetivos son valorar y describir la distribución de una muestra y sus conjuntos, determinar umbrales de afectación y capacidad de reacción a partir de variables, y contrastar las hipótesis establecidas.

Para la creación de la base de datos, el análisis estadístico y la obtención de los distintos gráficos y tablas se han utilizado los siguientes programas informáticos:

- Microsoft Office 2011 para Mac
- SPSS 19.0

3.3.1 Estadística descriptiva

Se ha utilizado una estadística descriptiva con el fin de ordenar y analizar los datos extraídos de la muestra. El objetivo de este procedimiento es definir los conjuntos de la muestra y determinar las características comunes que presentan.

En esta primera aproximación estadística se han utilizado tablas de frecuencias para ofrecer los diferentes datos relativos a un grupo, en los cuales se expone los resultados en valores absolutos y relativos. Algunos de estos datos han sido representados gráficamente mediante diagrama de barras y diagramas de sectores para mostrar la distribución de los conjuntos de la afectación y reacción de la muestra a estudio.

En los diferentes histogramas se ha analizado la **asimetría y curtosis** de la distribución, con el fin de valorar el modo en el cual los datos se distribuyen en relación al punto central.

Se han realizado estudios para ver la **variabilidad de las distribuciones**, representando gráficamente la dispersión mediante el uso de diagramas de cajas. Para valorar el grado de dependencia o independencia entre variables cualitativas normales o factores, se han utilizado tablas de contingencia.

3.3.2 Estadística analítica

Se han calculado los intervalos de confianza del 95% en las variables cuantitativas (continuas o discretas). Considerando que un índice de confianza (IC) de 95%, se entiende como el intervalo o margen en el cuál se tiene una confianza o seguridad muy alta (superior al 95%), de que la media de la variable en la población se encuentre entre esos márgenes.

En todos los grupos formados se ha buscado siempre la normalidad, para estudiar la misma se ha utilizado la **Z de Kolmogorov-Sminov**. Esta prueba estadística permite medir el grado de concordancia existente entre la distribución de un conjunto de datos y una distribución teórica específica, y valorar si la misma se ajusta a la normalidad.

Para comparar los valores de las medias en los dos momentos de tiempo **SIN/CON** (SIN ALCOHOL/ TRAS LA INGESTA DE ALCOHOL), se ha utilizado el estadístico de contraste de **T de Student** para **muestras pareadas**, y prueba de **Wilconson** de los rangos con signo para ver cuantos aumentan y cuantos disminuyen, valorando la homogeneidad de los grupos comparados mediante el valor de la **F de Levene**.

Para el análisis de la dependencia o independencia entre variables normales u ordenadas se ha utilizado la prueba de bondad de ajuste **Chi-Cuadrado**.

Para comparar la distribución de una variable continua en más de dos poblaciones se ha utilizado el **Test de F de ANOVA**.

Una vez que se ha determinado que existen diferencias entre las medias, las pruebas de rango post hoc han permitido determinar qué medias difieren. La prueba de rango post hoc identifica subconjuntos homogéneos de medias que no se diferencian entre sí. Para estos estudios se ha utilizado:

- **Prueba del Rango Múltiple (Duncan).**

IV. RESULTADOS

4. Resultados

ORGANIZACIÓN DE LOS RESULTADOS

Se presentan a continuación los resultados más relevantes en lo que concierne a las muestras analizadas en los distintos estudios. Los resultados se ofrecen diferenciados en :

Resultado del análisis estadístico de la Muestra General (MG):

- Análisis descriptivo de la muestra general.
- Análisis de los parámetros.
- Análisis de los resultados de los distintos estudios.

- A. *Muestra N=121*: se tiene en cuenta la edad, el sexo y la profesión, así como los movimientos oculares a la hora de responder a las preguntas.
- B. *Muestra N=20*: se tiene en cuenta la agudeza visual y la reacción pupilar antes y después de ingerir alcohol etílico ($< 0,25$ mg/L en aire espirado) fundamentalmente.
- C. *Muestra N=123*: se tiene en cuenta la agudeza visual, la respuesta pupilar y la capacidad de reacción y conducción por autopista antes y después de ingerir alcohol etílico, en función de la edad, el peso y la talla sin sobrepasar la concentración de alcohol en aire espirado permitido en la normativa vigente ($\leq 0,25$ mg/L en aire espirado) fundamentalmente.

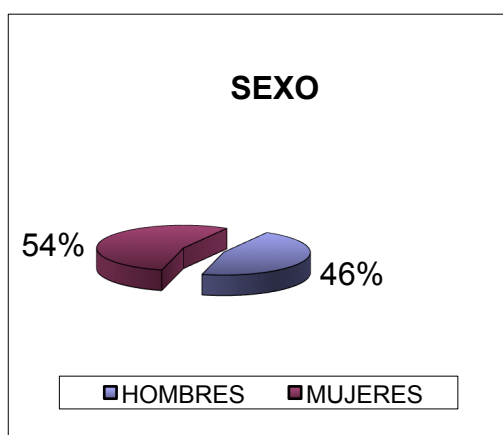
4.1 Estudio 1 (N= 121): Muestra sin alcohol

Después de haber realizado un estudio estadístico mediante el programa SAS con el que se ha intentado comprobar la existencia de diferencias significativas entre sexo, edad y profesión. Se pasa a analizar los resultados de la tarea visual y la tarea simultánea.

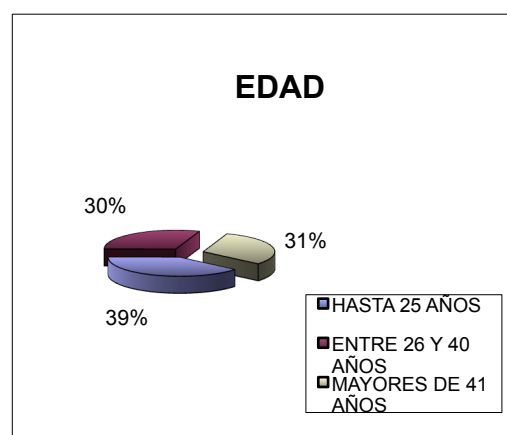
4.1.1 Visual y simultáneo

VISUAL

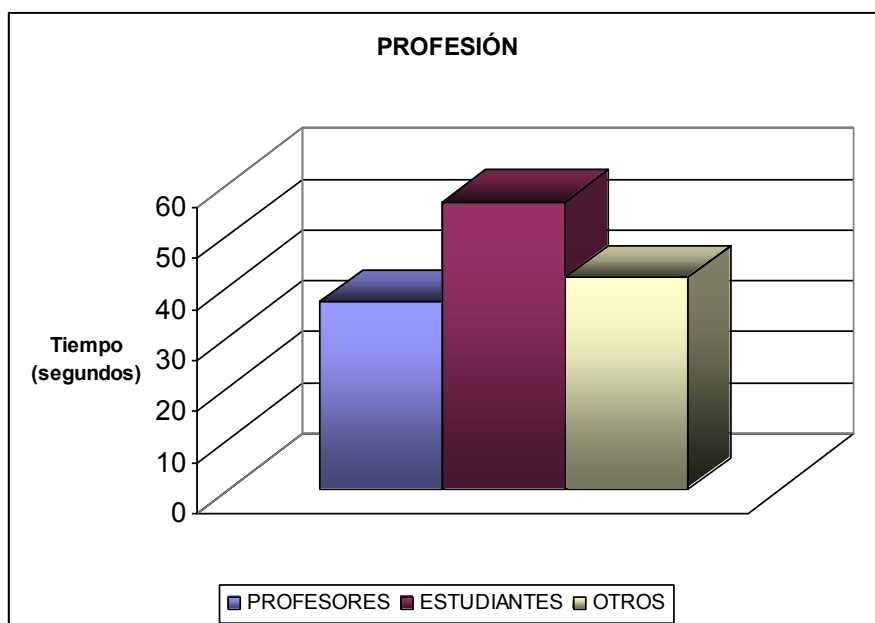
Al analizar por grupos, los estadísticos de contraste demuestran que la diferencia de tiempo entre sexo y edad (Gráficas 2 y 3) no es apreciable, mientras si analizamos por profesiones (profesores, estudiantes y otros) destacan notablemente los profesores, del resto de grupos (Gráfica 4), donde menos ha influido la diferencia de tiempo al llevar a cabo la tarea visual.



Gráfica 2. Muestra de hombres y mujeres (N= 121)



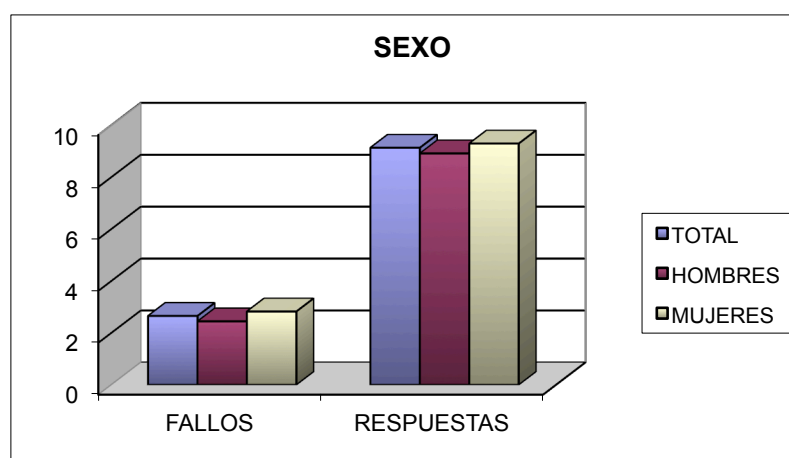
Gráfica 3. Muestra según la edad (N= 121)



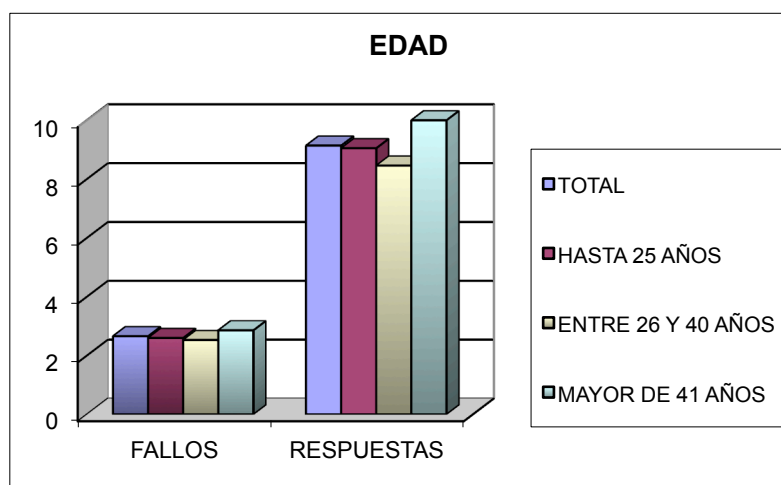
Gráfica 11. Diferencia de tiempo entre profesores, estudiantes y otros (N=121)

SIMULTÁNEO

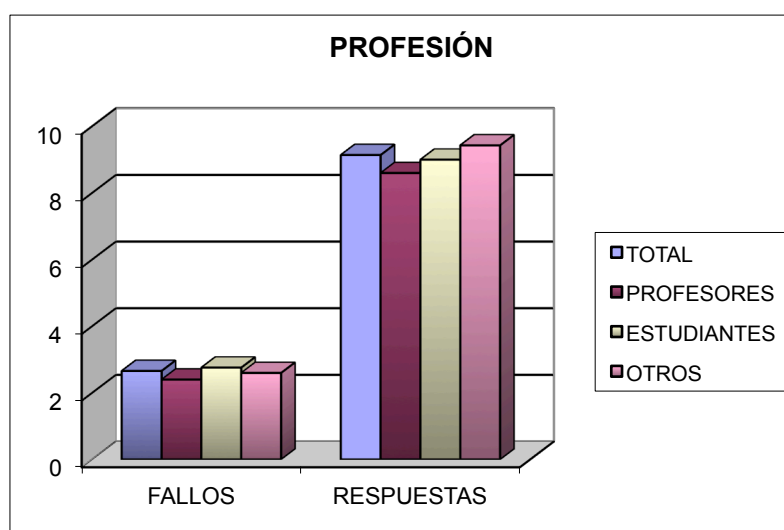
El incremento en el número de fallos visuales al realizar la tarea simultánea no se ve afectada en ninguno de los criterios elegidos (Gráficas: 12, 13 y 14).



Gráfica 12. Num. de fallos y respuestas entre hombres y mujeres (N= 121)



Gráfica 13. Núm. de fallos y respuestas en relación a la edad (N= 121)

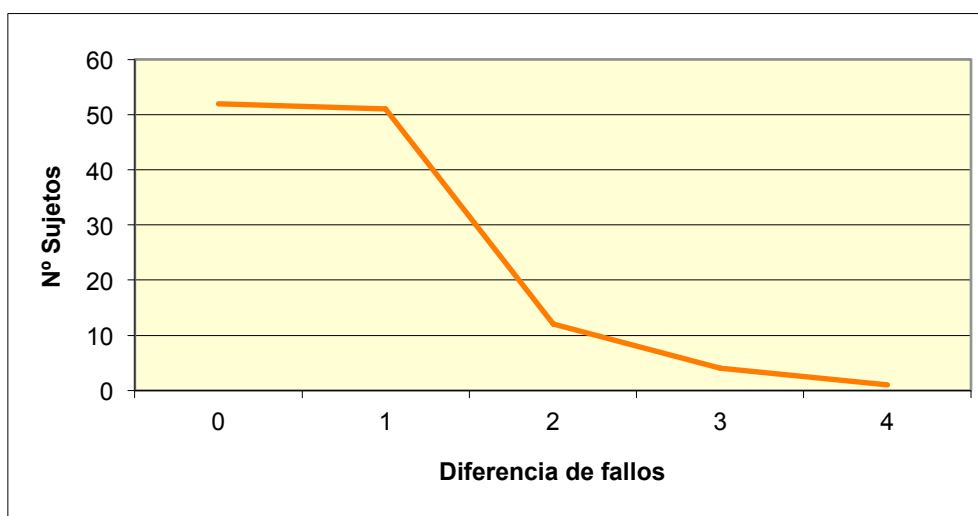


Gráfica 14. Núm. de fallos y respuestas en relación a la profesión (N= 121)

4.1.2 Resultados del estudio

➤ Diferencia de fallos visuales (Gráfica 15)

Se observa que la diferencia de fallos visuales entre tarea simultánea y tarea visual no se ha visto influenciada por el estímulo auditivo, de manera que, la mayoría de los sujetos han tenido una diferencia de fallos que oscila entre 0 y 1 fallos.

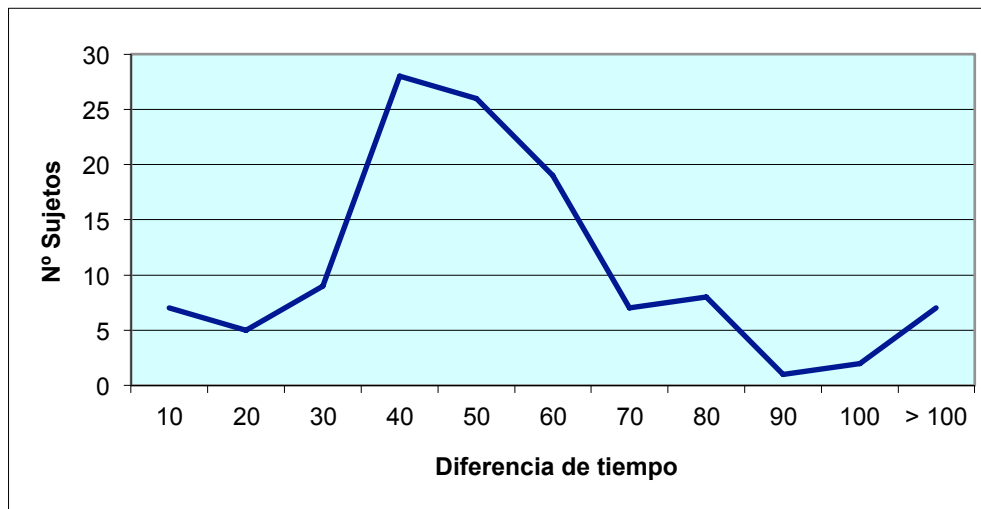


Gráfica 15. Diferencia de fallos visuales

➤ Diferencia de tiempo (Gráfica 16)

En este caso la Campana de Gauss nos indica que al realizar la tarea simultánea ***sí ha habido una interacción del estímulo auditivo sobre la tarea visual, incrementando el tiempo de realización de la prueba en torno a 40 ó 50 segundos.***

Por ejemplo, si un sujeto realizaba la tarea visual en 40 segundos, el tiempo empleado en la tarea simultánea era alrededor de 80 segundos, observándose claramente la interacción del estímulo auditivo sobre la tarea visual.



Gráfica 16. Diferencia de tiempo

➤ Significado de la posición de los Ojos

La Programación Neurolingüística (PNL) distingue entre 7 clases de pensamiento en función de la posición de los ojos y de los tipos de pensamientos; por ello podemos distinguir [51]:

- Cuando una persona procesa pensamientos en su mente, éste tiene que, por obligación, mover su cuerpo de cierta forma para poder generar pensamientos específicos. Como por ejemplo:
 - El proceso de recordar información: miramos hacia arriba, hacia los lados, nos movemos, nos tocamos la cabeza y hacemos múltiples movimientos hasta recordar la información deseada. Este es un proceso natural y necesario para poder tener acceso a la información que hemos "archivado" en nuestra mente.
- De igual forma los movimientos oculares (Fotografía 51) indican si una persona está:

- Recordando o creando imágenes,
- recordando o creando sonidos,
- pensando y haciendo sentido de las cosas (razonando), o
- si está concentrado en sus emociones.

Esto puede ser un valioso indicador para determinar si la persona está en el modo visual, auditivo o kinestético.



Fotografía 51. Movimientos oculares

Un ejemplo de la desviación ocular cuando el sujeto está realizando un procesamiento cognitivo lo tenemos cuando a este individuo ante la pregunta:

“¿Cuál es el resultado de sumar $15 + 27$?”

El sujeto reacciona de la siguiente manera (Fotografía 52):



Fotografía 52.
Posición de mirada de uno de los voluntarios al realizar la prueba VCM + LAC

- | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ➤ El tiempo tras el estímulo auditivo aumenta una media de 49,025 de forma estadísticamente <i>muy significativa</i> : $p < 0,001$ |
| ➤ Teniendo como resultados: <ul style="list-style-type: none">➤ En 119 individuos aumenta,➤ en 1 individuo disminuye, y➤ en 1 individuo el resultado es igual |

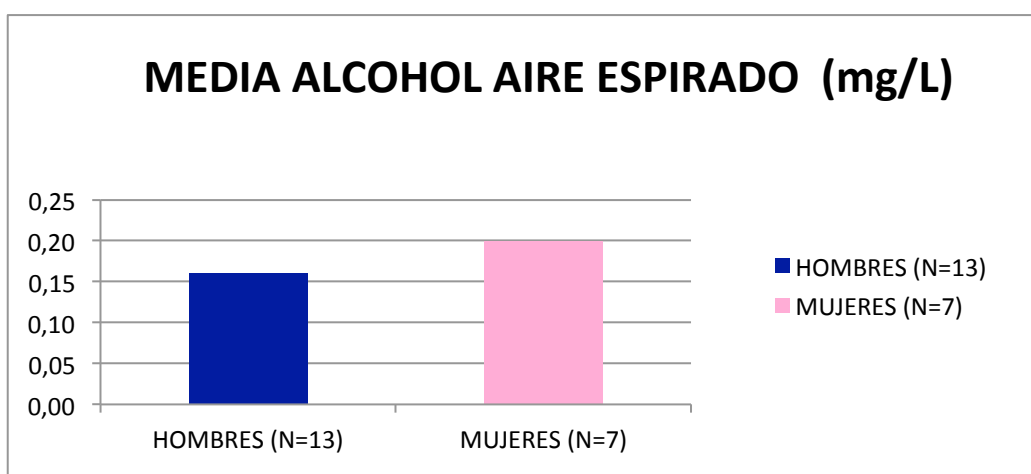
- Existe una significativa pérdida de eficacia y un aumento del tiempo de respuesta en la tarea visual al realizar simultáneamente la tarea con percepción auditiva para todos los grupos estudiados.
- Los sujetos fueron grabados en video, mientras realizaban la prueba, y así se pudo observar que ante una pregunta compleja que les suponía un gran esfuerzo cognitivo, se producía una pérdida visual de fijación en la pantalla, lo que provocaba una parada voluntaria de realización de la prueba (lenguaje verbal y movimientos oculares) y con ello, un aumento de tiempo en realizar la misma.
- Cuando se les realizaba una pregunta sencilla que exigía un menor procesamiento cognitivo, el sujeto respondía de forma automática y con rapidez sin dejar de realizar la tarea visual.

- Se comprobó que no solo es importante las pérdidas de fijación de los sujetos sino que además dependiendo de cómo piensen la pregunta o si ésta les recuerda algo ya conocido desviarán la mirada hacia posiciones distintas.
- Pensar en una **imagen construida** es visualizar algo que no hemos llegado a ver, por ejemplo cuando imaginamos como quedará decorado nuestro futuro salón. Por el contrario, pensar en una **imagen recordada** es visualizar algo ya visto, por ejemplo imaginar nuestro lugar de trabajo.
- Si el sujeto dedica más atención a la tarea auditiva (LAC), la eficacia a la hora de realizar la visual (VCM) resulta notablemente disminuida.
- Cuando una persona procesa pensamientos en su mente, éste tiene que, por obligación, mover su cuerpo de cierta forma para poder generar pensamientos específicos. Como por ejemplo el proceso de recordar información: miramos hacia arriba, hacia los lados, nos movemos, nos tocamos la cabeza y hacemos múltiples movimientos hasta recordar la información deseada. Este es un proceso natural y necesario para poder tener acceso a información que hemos "archivado" en nuestra mente.
- De igual forma los movimientos oculares indican si una persona está recordando o creando imágenes, recordando o creando sonidos, pensando y haciendo sentido de las cosas (razonando) o si está concentrado en sus emociones. Esto puede ser un valioso indicador para determinar si la persona está en el modo visual, auditivo o quinestético [51][52][53].

4.2 Estudio 2 (N= 20): Muestra sin alcohol y con alcohol

4.2.1 Estudio estadístico descriptivo de las variables

GRÁFICA 17 “MEDIA DE ALCOHOL EN AIRE ESPIRADO”



Gráfica 17. Media de alcohol en aire espirado (mg/L) (N= 20)

	HOMBRES N=13	MUJERES N=7
Media alcohol aire espirado	0,16 mg/L (\pm 0,051 DT)	0,2 mg/L (\pm 0,050 DT)

Tabla 20. Media de alcohol (< 0,25 mg/L en aire espirado) entre hombres y mujeres

Prueba T: HOMBRES Y MUJERES

ESTADÍSTICOS DE GRUPO (TABLA 20 BIS)

	SEXO	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
AV2 - diferencia	H	13	,769	1,3009	,3608
	M	7	1,000	2,5166	,9512
ALCOHOL_DESPUES	H	13	,1654	,05125	,01422
	M	7	,2014	,05047	,01908
DIFERENCIA TEST TIEMPO	H	13	-22,38	44,573	12,362
	M	7	-9,14	89,581	33,859
DIFERENCIA TEST FALLOS	H	13	-,77	1,739	,482
	M	7	-2,86	2,116	,800
DIFERENCIA TEST ACIERTOS	H	13	,77	1,739	,482
	M	7	2,86	2,116	,800
DIFERENCIA PREGUNTAS CORRECTAS %	H	13	-,08738	,121165	,033605
	M	7	-,01857	,179925	,068005

Tabla 20 bis. Media de alcohol (< 0,25 mg/L en aire espirado) entre hombres y mujeres

Según la estadística de grupos (Tabla 20 bis), los resultados fueron:

- Los varones (N=13) tuvieron una media de alcohol en aire espirado de 0,16 mg/L , con un desviación típica de $\pm 0,051$ ($\pm 0,051$ DT).
- Las mujeres (N=7) tuvieron una media de alcohol en aire espirado de 0,20 mg/L, con un desviación típica de $\pm 0,05$ ($\pm 0,05$ DT).

4.2.2 Resultados del estudio

➤ AV

Estamos estudiando la asociación de las variables cuantitativas continuas entre el alcohol etílico y la AV (número de letras que se dejan de ver tras la alcoholemia – Tabla 21).

Correlaciones (TABLA 21)

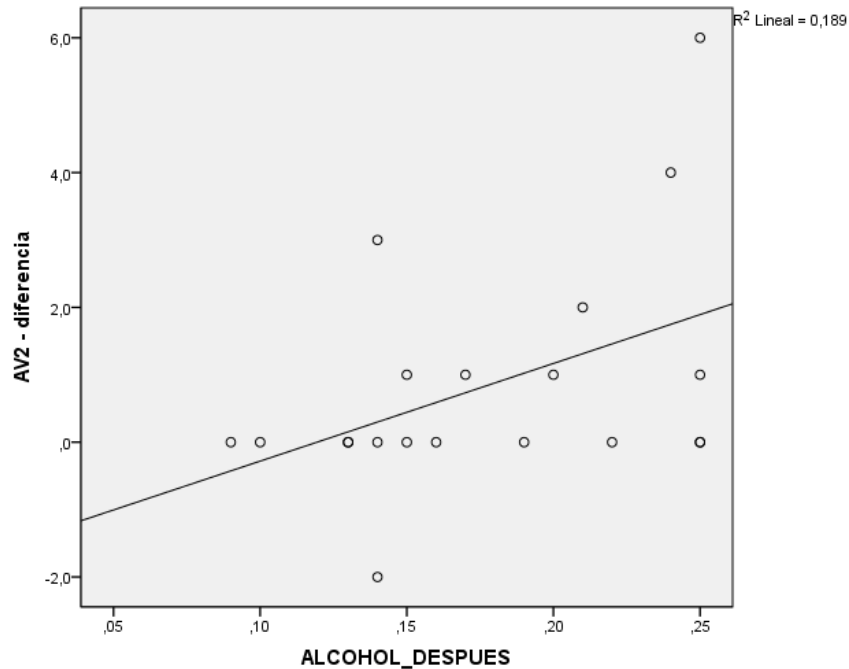
		ALCOHOL_ DESPUES	AV1_D_ OD	AV1_D_ OI	AV2 - diferencia
ALCOHOL_ DESPUES	Correlación de Pearson	1	-,210	,041	,435
	Sig. (bilateral)		,375	,865	,055
	N	20	20	20	20
AV1_D_OD	Correlación de Pearson	-,210	1	,656**	,000
	Sig. (bilateral)	,375		,002	,999
	N	20	20	20	20
AV1_D_OI	Correlación de Pearson	,041	,656**	1	,246
	Sig. (bilateral)	,865	,002		,295
	N	20	20	20	20
AV2 - diferencia	Correlación de Pearson	,435	,000	,246	1
	Sig. (bilateral)	,055	,999	,295	
	N	20	20	20	20

Tabla 21. Asociación de las variables cuantitativas entre el etanol y la AV (N= 20)

El resultado de ésta correlación entre AV y alcohol etílico fue el siguiente:

- Después de la ingesta de alcohol etílico, existe una alteración de la AV binocular, con un empeoramiento de ésta en correlación *estadísticamente significativa* con el nivel de alcoholemia ($p=0,05$).
- Cuanto mayor nivel de alcoholemia existe, mayor deterioro de la AV binocular aparece, es decir, existe una disminución de la AV a medida que aumenta el nivel de alcoholemia en aire espirado.
- La variación de la AV monocular con la ingesta de alcohol varía de forma *muy significativa* al comparar ambas entre sí ($p=0,002$), de forma que, al alterarse la AV del OD se altera también la del OI con una correlación muy significativa desde el punto de vista estadístico.
- En el estudio de esta muestra no se ha encontrado que varíe de forma correlativa estadísticamente significativa la AV monocular con la ingesta de alcohol.
- Se ha apreciado en el estudio de esta muestra una mayor afectación en la AV del alcohol etílico en lo que respecta al ojo no fijador (mayor número de letras que no ve después de la alcoholemia).

GRÁFICA 18 “AV - ALCOHOLEMIA”

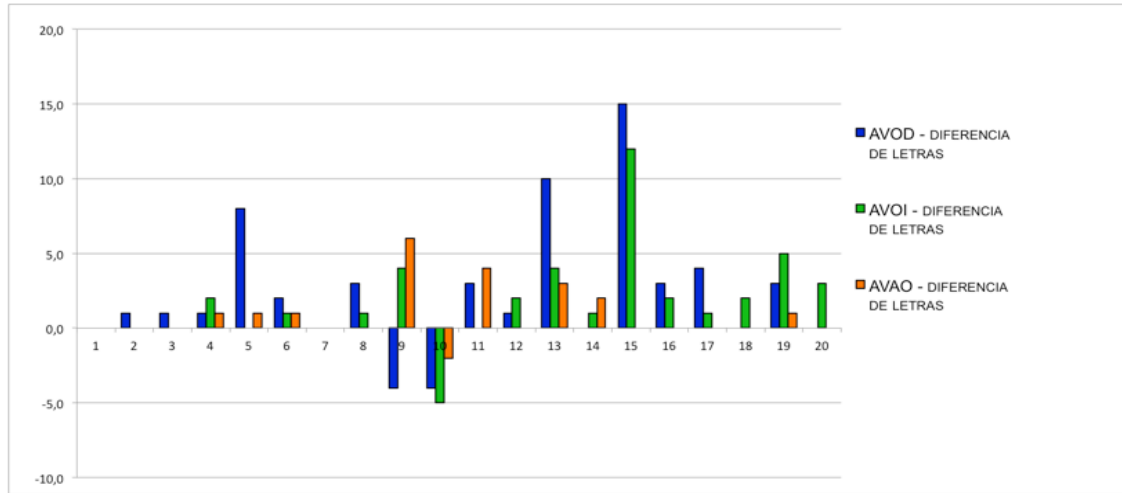


Gráfica 18. Alcohol y AV (N= 20)

En esta gráfica podemos apreciar que:

- A mayor concentración de alcohol en aire espirado, existe un detrimento en la AV binocular, medido por el número de letras que dejan de verse del optotipo “C de Landolt” con una correlación en la variación de ambas variables cuantitativas **estadísticamente significativa ($p=0,05$)**.
- Existe una asociación entre ambas variables, de forma que es posible calcular una regresión lineal ($R^2=0,189$; $R=0,43$).
- En esta correlación de variables (AV y alcoholemia) no existe efecto aprendizaje.

DISMINUCIÓN DE AV TRAS LA ALCOHOLEMIA



Gráfica 19. AV (alcohol < 0,25mg/L) más afectación del ojo no fijador

Como resultado significativos podemos decir que:

- Existe una correlación positiva, estadísticamente significativa entre la pérdida de AV binocular, con la concentración de alcohol etílico en aire espirado en concentraciones < 0,25 mg/L.
- Existe una correlación positiva estadísticamente muy significativa entre la pérdida de AV monocular tras la ingesta de alcohol etílico (< 0,25 mg/L).

• PUPILAS

Estamos estudiando la respuesta pupilar ante un estímulo de luz después de la ingesta de alcohol etílico (< 0,25 mg/L en aire espirado).

Tras examinar el procesamiento de todos los casos a estudio, el resultado de la respuesta pupilar tras la ingesta de alcohol fue la siguiente:

Contingencia (Tabla 22)
PUPILAS_ANT * PUPILAS CON ALCOHOL

			PUPILAS CON ALCOHOL		Total
			ARREACTIVAS POR MEDICACION	MIDRIATICAS (SRL)	
PUPILAS_ANT	ARREACTIVAS POR MEDICACIÓN (ANSIOLÍTICOS	Recuento	1	0	1
		% dentro de PUPILAS_ANT	100,0%	,0%	100,0%
	NORMAL	Recuento	1	18	19
		% dentro de PUPILAS_ANT	5,3%	94,7%	100,0%
Total		Recuento	2	18	20
		% dentro de PUPILAS_ANT	10,0%	90,0%	100,0%

Tabla 22. Respuesta pupilar tras la ingesta de alcohol etílico (N= 20)

- **Más lenta en un 90 % de la muestra (N=20).**
- **Más midriáticas en un 95% de la muestra (N=20).**

RESPUESTA PUPILAR TRAS LA ALCOHOLEMIA



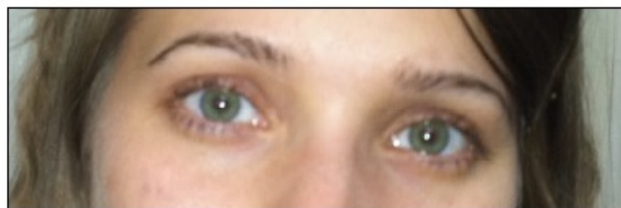
Fotografía 53. Respuesta pupilar ante un estímulo de luz

ANTES DEL ALCOHOL



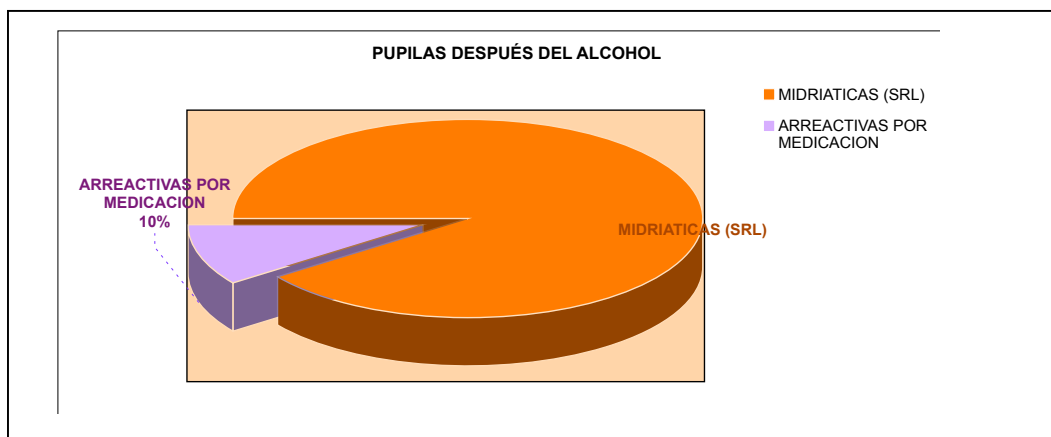
Fotografía 54. Pupila normal

DESPUES DEL ALCOHOL

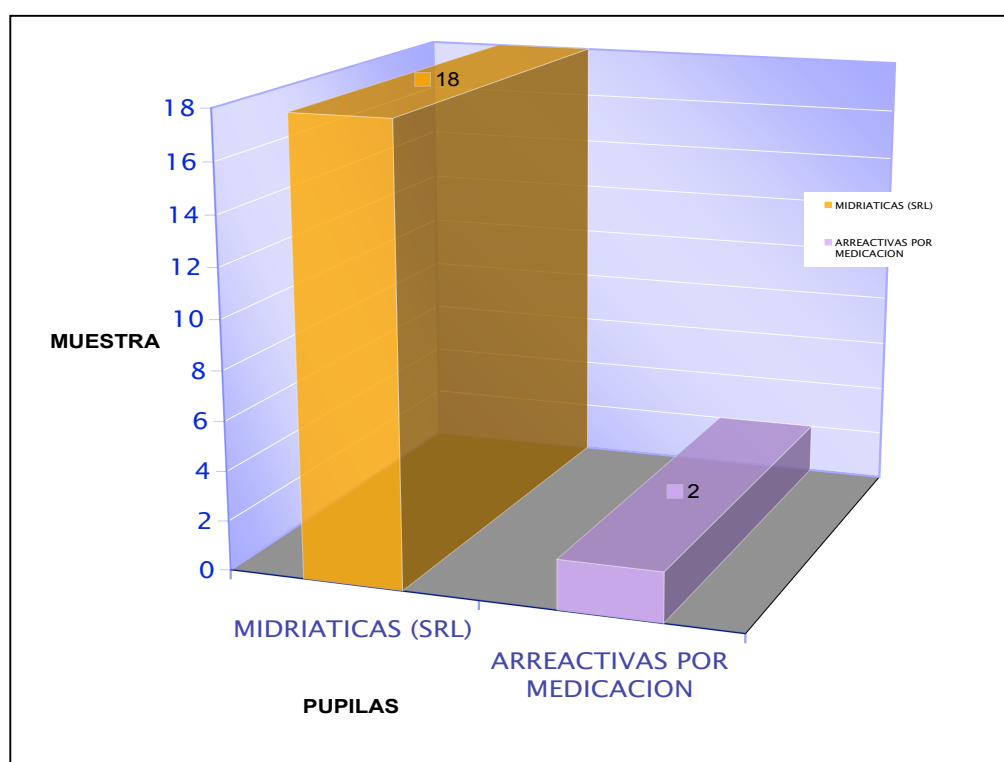


Fotografía 55. Pupila ligeramente midriática

GRÁFICA 20 “RESPUESTA PUPILAR”



Gráfica 20. Pupilas después del alcohol (N= 20)



Gráfica 21. Respuesta pupilar después del alcohol (N= 20)

Tras el resultado de la muestra estudiada, se puede observar que la respuesta pupilar después de la ingesta de alcohol (en concentraciones $< 0,25$ mg/L en aire espirado), es más lenta ante un estímulo de luz y se presentan ligeramente más midriáticas.

Esto es debido a que los ojos responden más lentamente a los estímulos y los músculos se relajan (afectación de la acomodación). Estos efectos producidos por el alcohol sobre la visión, concretamente en la respuesta pupilar son importantes, tales como, la afectación de la acomodación y la capacidad para seguir objetos con la vista, ya que estos se ven deteriorados incluso a niveles bajos de alcohol en sangre.

Bajo los efectos del alcohol (incluso a $< 0,25$ mg/L en aire espirado) el campo visual se reduce, se altera la visión periférica y se retrasa la recuperación de la vista después de la exposición al deslumbramiento, de ahí esa respuesta pupilar más lenta acompañada de una ligera midriasis.

• REACCIÓN ANTE UN ESTIMULO VISUAL Y AUDITIVO SIMULTÁNEAMENTE

Estamos estudiando la diferencia de medias de las variables:

- Diferencia de tiempo del ejercicio VCM (23 ítems) antes y después de la ingesta de alcohol ($< 0,25$ mg/L aire espirado).
- Diferencia de aciertos y fallos en el ejercicio VCM, antes y después de la ingesta de etanol ($< 0,25$ mg/L aire espirado).
- Diferencia del porcentaje de preguntas acertadas en el ejercicio LAC en las que ya se ha calculado la diferencia de

antes y después de la ingesta de alcohol etílico (< 0,25 mg/L aire espirado).

TABLA 23 “PRUEBA PARA UNA MUESTRA”

	Valor de prueba = 0					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
					Inferior	Superior
DIFERENCIA TEST TIEMPO	-1,283	19	,215	-17,750	-46,72	11,22
DIFERENCIA TEST FALLOS	-3,210	19	,005	-1,500	-2,48	- 52
DIFERENCIA TEST ACIERTOS	3,210	19	,005	1,500	,52	2,48
DIFERENCIA PREGUNTAS CORRECTAS %	-1,971	19	,063	-,063295	-,13051	,00392

Tabla 23. Diferencia de tiempos, aciertos y fallos (N= 20)

Tras la ingesta de alcohol en la muestra estudiada (N=20) existe una **diferencia estadística muy significativa ($p=0,005$)** entre las medias de las variables de diferencia de aciertos y fallos del ejercicio VCM, y una diferencia tendente a la significancia estadística en la diferencia del porcentaje de preguntas acertadas en el ejercicio LAC.

Esto creemos que puede deberse, no al propio alcohol ingerido, sino a otros factores asociados a la prueba elegida como es el “*efecto aprendizaje*”, si bien, el consumo de alcohol en bajas cantidades está relacionado con una desinhibición y aumento de la euforia y verborrea.

Como ya aportamos la diferencia de tiempos, aciertos y fallos (TABLA 23), así como porcentajes, la prueba estadística que se ha realizado es una correlación de los resultados con el grado de alcoholemia (*Correlación “r de*

Pearson”), si se hubieran aportado los datos sin calcular la media, habría que haber realizado un test de medias con datos apareados (TABLA 24).

No se han hallado asociaciones estadísticamente significativas entre las variables cualitativas cruzadas.

CORRELACIONES (TABLA 24)

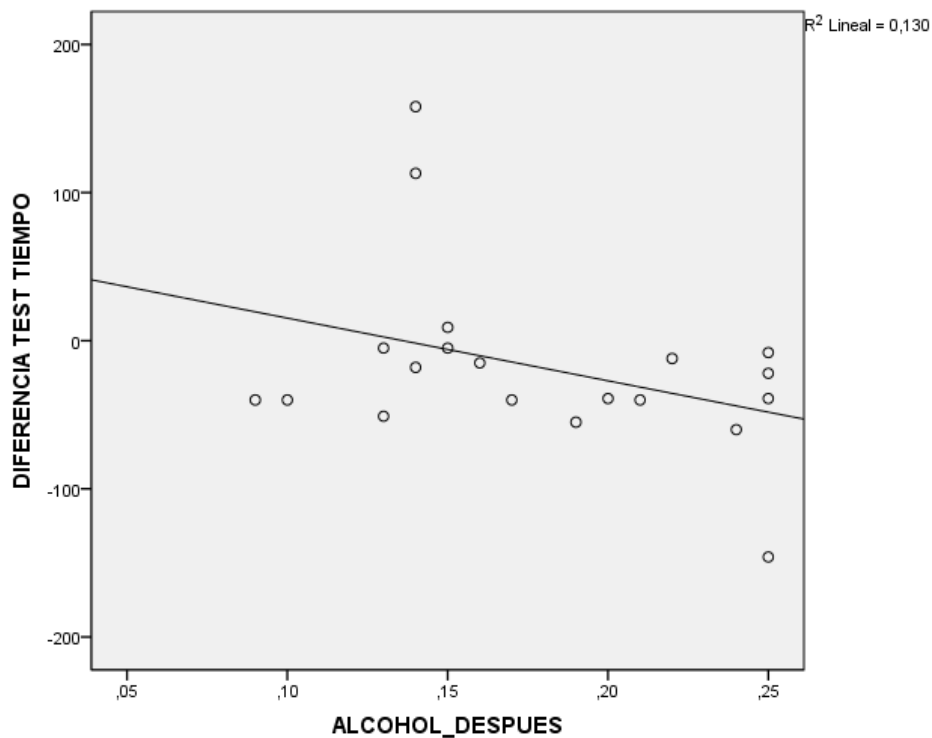
		ALCOHOL DESPUES	DIFERENCIA TEST TIEMPO	DIFERENCIA TEST FALLOS	DIFERENCIA TEST ACERTOS	DIFERENCIA PREGUNTAS CORRECTAS %
ALCOHOL_DESPUES	Correlación de Pearson	1	-,360	-,301	,301	,354
	Sig. (bilateral)		,119	,197	,197	,126
	N	20	20	20	20	20
DIFERENCIA TEST TIEMPO	Correlación de Pearson	-,360	1	,038	-,038	-,098
	Sig. (bilateral)	,119		,872	,872	,681
	N	20	20	20	20	20
DIFERENCIA TEST FALLOS	Correlación de Pearson	-,301	,038	1	-1,000**	-,087
	Sig. (bilateral)	,197	,872		,000	,716
	N	20	20	20	20	20
DIFERENCIA TEST ACERTOS	Correlación de Pearson	,301	-,038	-1,000**	1	,087
	Sig. (bilateral)	,197	,872	,000		,716
	N	20	20	20	20	20
DIFERENCIA PREGUNTAS CORRECTAS %	Correlación de Pearson	,354	-,098	-,087	,087	1
	Sig. (bilateral)	,126	,681	,716	,716	
	N	20	20	20	20	20

Tabla 24: Diferencia de aciertos, fallos y tiempo después de la ingesta de alcohol étílico

Al realizar el cálculo del coeficiente de Regresión Lineal, se encuentra una tendencia a disminuir el tiempo de realización del ejercicio VCM tras la ingesta de alcohol. Esto puede ser debido al “factor aprendizaje”, dado que los 23 ítems eran los mismos y se realizó con un espacio de 1 hora de

media. Además el consumo de alcohol en bajas cantidades está relacionado con una desinhibición y aumento de la euforia y verborrea.

REALIZACIÓN DEL VCM DESPUÉS DEL ALCOHOL AMBOS SEXOS

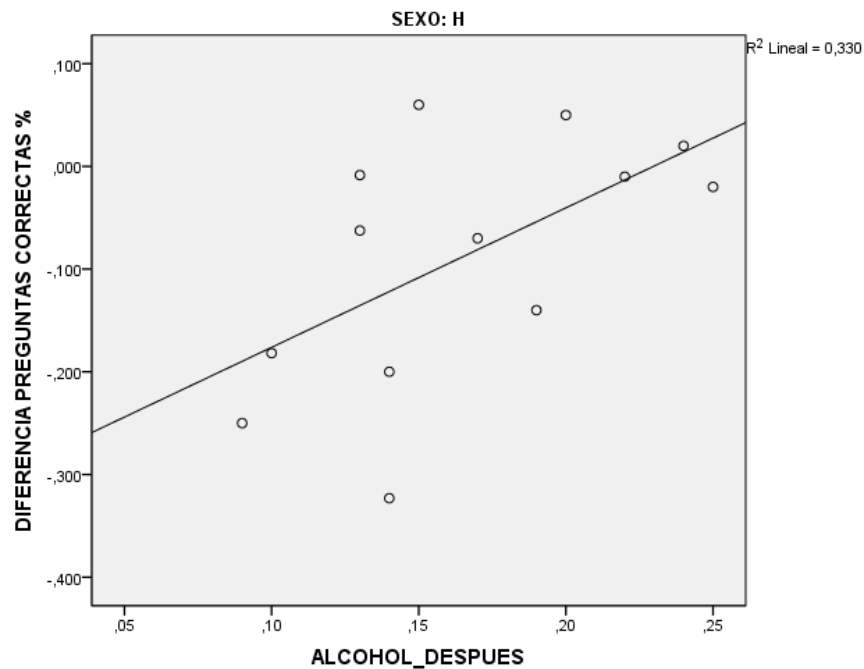


Gráfica 22. Resultado de la prueba VCM después del etanol (N= 20)

En esta gráfica podemos apreciar:

- La existencia de una correlación negativa próxima a la significación estadística de la concentración de alcohol etílico en aire espirado con un **descenso del tiempo de realización** del ejercicio **VCM**, en ambos sexos **tras la ingesta del alcohol**.
- Esto se debe al factor “*efecto aprendizaje*”.

GRÁFICA 23 “RESULTADO DE LA PRUEBA AUDITIVA (LAC) EN LOS HOMBRES”



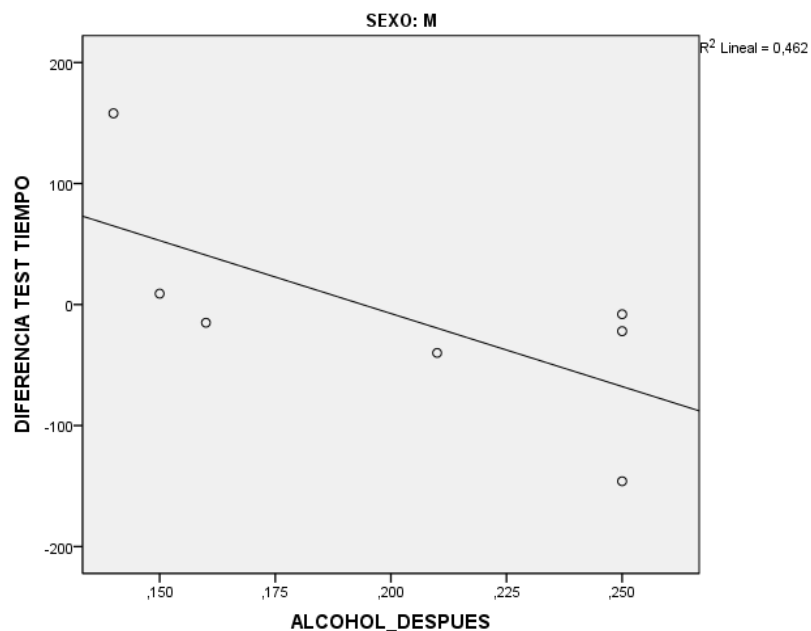
Gráfica 23. Resultado de la prueba LCM después del etanol (N= 20)

En esta gráfica podemos apreciar que:

- Existe una correlación positiva ($p < 0,05$), de la concentración de alcohol etílico en aire espirado, **estadísticamente significativo**, con un descenso del porcentaje de preguntas acertadas tras la ingesta del alcohol (**prueba LAC**), es decir, correlación positiva entre el alcohol y el aumento porcentual de fallos de la prueba LAC.
- El coeficiente de correlación de Pearson indica una asociación positiva entre ambos incrementos, siendo este de 0,575 (> 0).

- Con alcohol etílico se ralentizan las funciones de mayor precisión (cálculo matemático, memoria e inteligencia).
- En la prueba LAC *no existe “factor de aprendizaje”* con la presencia de alcohol etílico en sangre.
- Se concentraron y tuvieron un **rendimiento más óptimo los hombres**, de la muestra estudiada, en los estímulos visuales (VCM) que en los auditivos (LAC), es decir, que a medida que aumenta el alcohol, **se presta mas atención al estímulo visual que al auditivo**. Tiene relación con la validación de la prueba de la muestra de 121 individuos estudiados en el 2006.

GRÁFICA 24 ***“RESULTADO DE LA PRUEBA AUDITIVA (LAC) EN LAS MUJERES”***



Gráfica 24. Resultado de la prueba LAC en las mujeres (N= 20)

En esta gráfica podemos apreciar que:

- Existe una correlación de la concentración de alcohol etílico en aire espirado con un descenso del tiempo de realización del ejercicio visual (VCM) en la muestra de mujeres tras la ingesta del alcohol ($p=0,09$) que tiende a la significación estadística.
- Esto puede deberse al “*factor aprendizaje*”.
- En la mujer el alcohol etílico afecta menos a la función visual, cognitiva y motora explorada en el ejercicio VCM. Según la gráfica: $R^2 = 0,462$.

De este estudio (N= 20) sobre el efecto del alcohol etílico en bajas concentraciones (< 0,25 mg/L de alcohol en aire espirado) sobre la influencia del mismo en las funciones cognitivas motoras y visuales:

- Existe una pérdida de agudeza visual (AV) que se incrementa con el nivel de alcohol ($p<0,05$), afectando de forma mayoritariamente al ojo no fijador.
- Las funciones exploradas con el Test de Rendimiento de Función Cognitiva y Visual (TRCAV) presentan:
 - En los hombres un deterioro de las funciones de mayor precisión junto a una afectación del rendimiento auditivo frente al visual ($VCM > LAC$) (N= 13; $p< 0,05$).
 - En las mujeres una diferencia estadísticamente significativa en la prueba realizada en el ejercicio Visuocognitivo motor (VCM) con más aciertos y menos fallos que los hombres (N= 7; $p< 0,04$), debido al “*factor aprendizaje*”.
- Existe una respuesta pupilar ralentizada (90%) junto con una ligera midriasis (95%).

4.3 Estudio 3 (N= 123): Muestra sin alcohol y con alcohol

4.3.1 Estudio estadístico descriptivo de las variables

ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LA MUESTRA GENERAL (MG)

Con el objeto de medir la alteración de la AV tanto de lejos como de cerca, así como, analizar la respuesta y variación del diámetro pupilar y, la capacidad de reacción y la variación de velocidad ante un estímulo inesperado, con un simulador de conducción de vehículos a motor en individuos bajo los efectos del alcohol etílico en dosis de concentración permitidas por la normativa vigente en España, es decir - en concentraciones inferiores o iguales a 0,25 mg/L en aire espirado -, se realizaron las pruebas detalladas en el apartado de metodología, de las cuales se obtuvieron los siguientes resultados a estudio de las **frecuencias y porcentajes de las variables categóricas**.

Frecuencias

SEXO (TABLA 25)

SEXO	Frecuencia	Porcentaje
Hombres	80	65,0
Mujeres	43	35,0
Total	123	100,0

NACIONALIDAD (TABLA 26)

NACIONALIDAD	Frecuencia	Porcentaje
CHINA	11	2,4
ESPAÑOLA		95,5
OTRAS		2,1
Total	12	100,0

OJO FIJADOR (TABLA 27)

OJO FIJADOR	Frecuencia	Porcentaje
OD	8	69,
OI	3	30,
Total	12	100,

AMETROPÍA (TABLA 28)

AMETROPÍA	Frecuencia	Porcentaje
NO	5	43,
SI	6	56,
Total	12	100,

TIPO DE AMETROPIA (TABLA 29)

TIPO DE AMETROPIA	Frecuencia	Porcentaje
EMETROPE	5	43,
MIOPE	3	30,
HIPERMÉTROPE	2	3,
PRÉSBITA	1	6,
ASTIGAMATA	1	15,
Total	12	100,

BEBEDOR HABITUAL (TABLA 30)

BEBEDOR HABITUAL	Frecuencia	Porcentaje
NO	3	24,
SI	9	75,
Total	12	100,

TIPO BEBIDA (TABLA 31)

TIPO BEBIDA	Frecuencia	Porcentaje
NADA	3	24,
CERVEZA	3	26,
VINO	1	4,
CUBATA_COPA	1	12,
CERVEZA+VINO	1	3,
CERVEZA+CUBATA	2	20,
VINO+CUBATA	1	4,
CERVEZA+VINO+CUBATA	1	4,
Total	12	100,

FRECUENCIA BEBIDA (TABLA 32)

FRECUENCIA BEBIDA	Frecuencia	Porcentaje
NUNCA	3	24,6
EVENTUAL	1	12,3
DIARIO	1	14,6
FIN DE SEMANA	6	48,4
Total	12	100,0

REACCIÓN PUPILAR (SÍN) (TABLA 33)

REACCIÓN PUPILAR (SÍN)	Frecuencia	Porcentaje
MÁS LENTA	2	1,6
NR	12	98,4
Total	12	100,0

PUPILAS (CON ALCOHOL) (TABLA 34)

PUPILAS (CON ALCOHOL)	Frecuencia	Porcentaje
ANISOCORICAS. MIDRIATICAS, VIDRIOSAS MUY ROJOS	1	5,2
MIDRIATICAS, VIDRIOSAS MUY ROJOS	10	87,1
MIDRIATICAS, VIDRIOSAS MUY ROJOS. FOTOFOBIA	1	6,7
Total	12	100,0

REACCIÓN PUPILAR (CON ALCOHOL) (TABLA 35)

REACCIÓN PUPILAR (CON ALCOHOL)	Frecuencia	Porcentaje
MAS LENTAS A LA LUZ	12	99,2
MAS LENTAS A LA LUZ_LIGERA EXF EN AO POR LA Qx ESTRABISMO. SE ACUSA MÁS CON EL ALCOHOL	1	0,8
Total	12	100,0

La MG (N= 123) se describe según sus variables categóricas (frecuencia y porcentaje) en:

- SEXO: la muestra a tratar se compone de un total del 100 % de 123 individuos, de los cuales un **65% son hombres** (80 hombres) y un **35% son mujeres** (43 mujeres) (Gráfica 7), con edades comprendidas entre 18 y 63 años. La mayor parte de la muestra corresponde a individuos con edades comprendidas entre 25 y 39 años (45,53%), seguido de individuos entre 18 y 24 años (31,71%) y la menor parte de la muestra corresponde a individuos entre 40 y 63 años (22,76%).
- NACIONALIDAD: la nacionalidad de la muestra a estudio se compone de 117 individuos de Nacionalidad Española (95,10%), 3 individuos de Nacionalidad China (2,4%) y 3 individuos restantes de otras Nacionalidades (2,40%).
- OJO FIJADOR: del total de la muestra estudiada, un 69,10% corresponden a 85 individuos que tienen como ojo fijador o directriz el OD, frente a un 30,90%, que corresponde a 38 individuos que tienen como ojo fijador o directriz el OI.
- AMETROPÍA: La ametropía de los individuos a estudio de esta muestra, corresponden a un 56,10% amétropes (69 individuos), frente a un 43,90% emétropes (54 individuos).
- TIPO DE AMETROPÍA: el tipo de ametropía es la siguiente.
 - Emétrope un 43,90% (54 individuos)
 - Miope un 30,90% (38 individuos)
 - Hipermetrópe un 3,30% (4 individuos)
 - Présbita un 6,50% (8 individuos)
 - Astígmata un 15,40% (19 individuos)
- BEBEDOR HABITUAL: de los 123 individuos de la muestra a estudio, un **75,60% son bebedores habituales** (93 individuos), entendiéndose como bebedor habitual aquellos que han tomado o toman de manera eventual o

asidua alguna bebida alcohólica; frente a un **24,40%** que no han bebido nunca (30 individuos) (Gráfica 8).

- TIPO DE BEBIDA: el tipo de bebida que normalmente o asiduamente consume la muestra a estudio (N= 123) es la siguiente:
- . cerveza,
 - . vino y
 - . cubata² o copa³ [55].

De los cuales un 26,80% (33 individuos) beben cerveza, un 4,10% (5 individuos) beben vino, un 12,20% (15 individuos) beben cubatas o copas, un 3,30% (4 individuos) beben cerveza más vino, un 20,30% (25 individuos) beben cerveza más cubatas, un 4,90% (6 individuos) beben vino más cubatas, un 4,10% (5 individuos) beben cerveza más vino más cubatas, y un 24,40% (30 individuos) no beben nada.

La frecuencia de consumo de bebida alcohólica de la muestra a estudio es de un **12,20%** (15 individuos) **consumen alcohol de manera eventual**, así como un **14,60%** (18 individuos) **consumen alcohol a diario** frente a un **48,80%** (60 individuos) que **consumen sólo los fines de semana**. Solo un **24,40%** (30 individuos) **no consumen nada de alcohol**.

Llama la atención que casi un 50% de la muestra a estudio sean consumidores de fin de semana única y exclusivamente, frente a un 24,40% que no consume nada de alcohol.

- REACCIÓN PUPILAR SÍN ALCOHOL: la reacción pupilar a la luz en estado basal sin haber ingerido nada de alcohol etílico, es decir con 0,00 mg/L en aire espirado, es en un 98,40% (121 individuos) normoreactiva (NR) frente a un 1,60% (2 individuos) que su respuesta es más lenta.

² Cubata: expresión coloquial. Según la Real Academia Española (RAE), bebida usualmente compuesta por ron y refresco de cola.

³ Copa: bebida espirituosa. Reglamento CE 110/2008 (art. 1).

- REACCIÓN PUPILAR DESPUÉS DE LA INGESTA DE ALCOHOL: la reacción pupilar a la luz después de haber ingerido el alcohol etílico, es decir en concentraciones $> 0,00$ mg/L en aire espirado – entre $0,05$ mg/L y $0,26$ mg/L en aire espirado - han sido más lentas en un $99,20\%$ (122 individuos) frente a un $0,80\%$ (1 individuo) que su reacción ha sido mucho mas lenta que el resto de los individuos a estudio, con una exoforia en ambos ojos (AO) posiblemente por una cirugía de estrabismo.
- PUPILAS SÍN ALCOHOL: las pupilas de los individuos de la muestra a estudio sin haber ingerido nada de alcohol etílico, es decir con $0,00$ mg/L en aire espirado, han sido en un 74% (91 individuos) **isocóricas**, un **$7,30\%$** (7 individuos) **anisocóricas**, frente a un **$7,30\%$** (9 individuos) que presentan **pupilas midriáticas – isocóricas** y un **$11,40\%$** (14 individuos) con unas pupilas **mióticas – isocóricas**.
- PUPILAS DESPUÉS DE LA INGESTA DE ALCOHOL: las pupilas de estos individuos tras la ingesta de alcohol etílico, es decir en concentraciones $> 0,00$ mg/L en aire espirado, – entre $0,05$ mg/L y $0,26$ mg/L en aire espirado - presentan en un **$87,80\%$** (108 individuos) unas **pupilas midriáticas, vidriosas con una hiperemia conjuntival**, frente a un **$6,50\%$** (8 individuos) que presentan **pupilas midriáticas, vidriosas con una hiperemia conjuntival y fotofobia**. El resto de los individuos, un **$5,70\%$** (7 individuos) presentan unas **pupilas midriáticas - anisocóricas, vidriosas e hiperemia conjuntival**.
- SE PONE CINTURÓN (SIN): de los 123 individuos de la muestra a estudio (N= 123) se observa que un $69,9\%$ (86 individuos) NO se pone el cinturón de seguridad cuando comienzan a realizar la prueba de conducción con el simulador sin ingesta de alcohol, frente a un $30,1\%$ (37 individuos) que Sí se pone el cinturón de seguridad para realizar la prueba.

- SE PONE CINTURÓN DESPUÉS DE LA INGESTA DE ALCOHOL: después de la ingesta de alcohol en función del peso y el sexo, los 123 individuos de la muestra a estudio un 74,8% (92 individuos) NO SE PONE EL CINTURÓN DE SEGURIDAD cuando comienzan a realizar la prueba de conducción, frente a un 25,2% (31 individuo) que SÍ SE PONE EL CINTURÓN DE SEGURIDAD.

Se observa que hay un incremento de un 4,9% de los individuos a estudio que NO se pone el cinturón de seguridad para la realización de la prueba de conducción bajo los efectos del alcohol.

- CAPACIDAD DE REACCIÓN ANTE UN ESTÍMULO INESPERADO es una de las dos pruebas realizadas con el simulador de conducción. Se estudia y analiza la capacidad de reacción que tiene cada individuo de la muestra a estudio ante un estímulo inesperado de manera aleatoria, es decir, como reaccionan ante la aparición de unos conos, un stop o un semáforo. Las pruebas se realizan 3 veces consecutivas, tanto sin alcohol (estado basal) como después de la ingesta de alcohol etílico.

Los resultados obtenidos de estas 3 pruebas SIN ALCOHOL son los siguientes:

- ESTÍMULO 1: la primera vez que realizan la prueba de capacidad de reacción los 123 individuos de la muestra a estudio (N= 123), les aparece unos CONOS como estímulo visual inesperado para evaluar y estudiar la respuesta de frenada a un 74% (91 individuos de los 123 individuos de la MG), a un 13,8% (17 individuos de los 123 individuos de la MG) les aparece un STOP y a un 12,2% (15 individuos de los 123 individuos de la MG) les aparece un SEMÁFORO.
- ESTÍMULO 2: la segunda vez que realizan la prueba de capacidad de reacción los 123 individuos de la MG, les aparece unos CONOS

como estímulo visual inesperado para evaluar y estudiar la respuesta de frenada a un 73,2% (90 individuos de los 123 individuos de la MG), a un 16,3% (20 individuos de los 123 individuos de la MG) les aparece un STOP y a un 10,6% (13 individuos de los 123 individuos de la MG) les aparece un SEMÁFORO.

- ESTÍMULO 3: la segunda vez que realizan la aprueba de capacidad de reacción los 80 individuos de los 123 de la muestra, les aparece unos CONOS como estímulo visual inesperado para evaluar y estudiar la respuesta de frenada a un 40,7% (50 individuos de los 123 individuos de la MG), a un 11,4% (14 individuos de los 123 individuos de la MG) les aparece un STOP y a un 13% (16 individuos de los 123 individuos de la MG) les aparece un SEMÁFORO.

Los resultados de estas 3 pruebas tras LA INGESTA DE ALCOHOL son los siguientes:

- ESTÍMULO 1: la primera vez que realizan la aprueba de capacidad de reacción los 123 individuos de la muestra, les aparece unos CONOS como estímulo visual inesperado para evaluar y estudiar la respuesta de frenada a un 65,9% (81 individuos de los 123 individuos de la MG), a un 15,4% (19 individuos de los 123 individuos de la MG) les aparece un STOP y a un 18,7% (23 individuos de los 123 individuos de la MG) les aparece un SEMÁFORO.
- ESTÍMULO 2: la segunda vez que realizan la aprueba de capacidad de reacción los 123 individuos de la muestra, les aparece unos CONOS como estímulo visual inesperado para evaluar y estudiar la respuesta de frenada a un 78% (96 individuos de los 123 individuos de la MG), a un 12,2% (15 individuos de los 123 individuos de la MG) les aparece un STOP y a un 9,8% (12 individuos de los 123 individuos de la MG) les aparece un SEMÁFORO.

- ESTÍMULO 3: la segunda vez que realizan la aprueba de capacidad de reacción los 82 individuos de los 123 de la muestra, les aparece unos CONOS como estímulo visual inesperado para evaluar y estudiar la respuesta de frenada a un 43,1% (53 individuos de los 123 individuos de la MG), a un 8,9% (11 individuos de los 123 individuos de la MG) les aparece un STOP y a un 14,6% (18 individuos de los 123 individuos de la MG) les aparece un SEMÁFORO.
- VARIACIÓN DE VELOCIDAD DE CONDUCCIÓN , es la otra prueba que se realiza con el simulador de conducción, primero sin ingesta de alcohol, y posteriormente se realiza la prueba tras ingerir la cantidad de etanol en función del sexo y el peso. Con esta prueba se estudia y analiza si existe una variación de velocidad a lo largo de un trayecto de conducción con el simulador por una autopista. Durante esta prueba se observa que algunos de los individuos de la muestra colisionan durante el trayecto de la conducción; unos sin ingerir nada de alcohol y otros tras la ingesta de alcohol. Ésta segunda parte de la prueba de conducción se realiza 3 veces, a lo largo de 3 escenarios diferentes tanto sin alcohol como después de la ingesta de etanol que corresponden a 3 escenarios o trayectos por autopista diferentes, es decir, con secuencias de conducción distintas para evitar el factor aprendizaje. Los distintos escenarios se realizan de manera aleatoria anotando el orden de realización de los mismos.

Los resultados obtenidos de estos 3 escenarios SIN ALCOHOL son los siguientes:

SEXO * COLISION1_SIN (TABLA 36)

Tabla cruzada

			COLISION1_SIN		Total
			NO	SI	
SEXO	H	Recuento	39	38	77
		% dentro de SEXO	50,6%	49,4%	100,0%
	M	Recuento	13	28	41
		% dentro de SEXO	31,7%	68,3%	100,0%
Total		Recuento	52	66	118
		% dentro de SEXO	44,1%	55,9%	100,0%

EDAD3 * COLISION1_SIN (TABLA 37)

Tabla cruzada

			COLISION1 SIN		Total
			NO	SI	
EDAD3	ED <= 24	Recuento	21	18	39
		% dentro de EDAD3	53,8%	46,2%	100,0%
	ED 25 - 39	Recuento	18	34	52
		% dentro de EDAD3	34,6%	65,4%	100,0%
	ED >= 40	Recuento	13	14	27
		% dentro de EDAD3	48,1%	51,9%	100,0%
Total	Recuento	52	66	118	
	% dentro de EDAD3	44,1%	55,9%	100,0%	

- ESCENARIO 1: este escenario lo realizan los individuos de la muestra a estudio (N= 123) la primera vez que realizan la segunda prueba de conducción, realizada por autopista, un 95,9 % (118 individuos de los 123 individuos de la MG). Se analiza por sexo y edades, la velocidad y la colisión. Se analiza por grupos, los estadísticos de contraste

demuestran que la colisión en la conducción por el primer escenario de autopista sin alcohol destaca notablemente que:

- ✓ Existe **mayor colisión en mujeres que en hombres** ya que del 100% (41 mujeres) de mujeres que realizan la prueba, frente al 100% (77 hombres) de hombres, es decir, el 68,3% de mujeres (28 mujeres) SI COLISIONAN a lo largo del trayecto de conducción frente a un 34,6% (18 mujeres) que no lo hacen, es decir terminan el trayecto sin ningún incidente.
- ✓ Existe **mayor colisión en el rango de edad comprendida entre 25 y 39 años** frente a los otros dos rangos de edades (≤ 24 años y ≥ 40 años).

SEXO * COLISION2_SIN (TABLA 38)

Tabla cruzada

			COLISION2 SIN		Total
			NO	SI	
SEXO	H	Recuento	38	41	79
		% dentro de SEXO	48,1%	51,9%	100,0%
	M	Recuento	24	15	39
		% dentro de SEXO	61,5%	38,5%	100,0%
Total		Recuento	62	56	118
		% dentro de SEXO	52.5%	47.5%	100.0%

EDAD3 * COLISION2_SIN (TABLA 39)

Tabla cruzada

			COLISION2 SIN		Total
			NO	SI	
EDAD3	ED <= 24	Recuento	18	20	38
		% dentro de EDAD3	47,4%	52,6%	100,0%
	ED 25 - 39	Recuento	34	20	54
		% dentro de EDAD3	63,0%	37,0%	100,0%
	ED >= 40	Recuento	10	16	26
		% dentro de EDAD3	38,5%	61,5%	100,0%
Total	Recuento	62	56	118	
	% dentro de EDAD3	52,5%	47,5%	100,0%	

- ESCENARIO 2: este escenario lo realizan los individuos de la muestra a estudio (N= 123) la segunda vez que realizan la segunda prueba de conducción, prueba realizada por autopista, un 95,9 % (118 individuos de los 123 individuos de la MG). Se analiza, por sexo y edades, la velocidad y la colisión. Se analiza por grupos, los estadísticos de contraste demuestran que la colisión en la conducción por el segundo escenario de autopista sin alcohol destaca notablemente que:

- ✓ Existe **mayor colisión en hombres que en mujeres** ya que del 100% (79 hombres) de hombres que realizan la prueba, frente al 100% (39 mujeres) de mujeres. El 51,9% (41 hombres) de hombres SI COLISIONAN a lo largo del trayecto de conducción frente a un 48,1% (38 hombres) que no lo hacen, es decir terminan el trayecto sin ningún incidente.

- ✓ Existe un **incremento de un 23%** en las mujeres que **NO COLISIONAN** en este segundo escenario frente al primero.
- ✓ Existe mayor colisión en el rango de edad comprendida en **≤ 40 años** frente a los otros dos rangos de edades (≤ 24 años y entre 25 y 39 años).

SEXO * COLISION3_SIN (TABLA 40)

Tabla cruzada

			COLISION3 SIN		Total
			NO	SI	
SEXO	H	Recuento	37	15	52
		% dentro de SEXO	71,2%	28,8%	100,0%
	M	Recuento	17	12	29
		% dentro de SEXO	58,6%	41,4%	100,0%
Total		Recuento	54	27	81
		% dentro de SEXO	66,7%	33,3%	100,0%

EDAD3 * COLISION3_SIN (TABLA 41)

Tabla cruzada

			COLISION3 SIN		Total
			NO	SI	
EDAD3	ED <= 24	Recuento	20	16	36
		% dentro de EDAD3	55,6%	44,4%	100,0%
	ED 25 - 39	Recuento	22	9	31
		% dentro de EDAD3	71,0%	29,0%	100,0%
	ED >= 40	Recuento	12	2	14
		% dentro de EDAD3	85,7%	14,3%	100,0%
Total	Recuento	54	27	81	
	% dentro de EDAD3	66,7%	33,3%	100,0%	

- **ESCENARIO 3:** este escenario lo realizan los individuos de la muestra a estudio (N= 123) la tercera vez que realizan la segunda prueba de conducción realizada por autopista, un 95,9% (118 individuos de los 123 individuos de la MG). Se analiza por sexo y edades, la velocidad y la colisión. Se analiza por grupos, los estadísticos de contraste demuestran que, la colisión en la conducción por el primer escenario de autopista sin alcohol destaca notablemente que:

- ✓ Existe menor colisión en hombres y en mujeres en este tercer escenario, es decir terminan el trayecto sin ningún incidente.
- ✓ Existe menor colisión en los distintos rangos de edades que cuando realizaron las dos pruebas anteriores.

Los resultados de estos 3 escenarios tras LA INGESTA DE ALCOHOL son los siguientes:

SEXO * COLISION1_CON (TABLA 42)

Tabla cruzada

			COLISION1_CON		Total
			NO	SI	
SEXO	H	Recuento	43	32	75
		% dentro de SEXO	57,3%	42,7%	100,0%
	M	Recuento	14	27	41
		% dentro de SEXO	34,1%	65,9%	100,0%
Total		Recuento	57	59	116
		% dentro de SEXO	49,1%	50,9%	100,0%

EDAD3 * COLISION1_CON (TABLA 43)

Tabla cruzada

			COLISION1 CON		Total
			NO	SI	
EDAD3	ED <= 24	Recuento	20	19	39
		% dentro de EDAD3	51,3%	48,7%	100,0%
	ED 25 - 39	Recuento	23	28	51
		% dentro de EDAD3	45,1%	54,9%	100,0%
	ED >= 40	Recuento	14	12	26
		% dentro de EDAD3	53,8%	46,2%	100,0%
Total	Recuento		57	59	116
	% dentro de EDAD3		49,1%	50,9%	100,0%

- **ESCENARIO 1:** este escenario lo realizan los individuos de la muestra la primera vez que realizan la segunda prueba de conducción realiza por autopista, **tras la ingesta de alcohol etílico**, siendo un 94.3 % (116 individuos de los 123 individuos de la MG). Se analiza por sexo y edades, la velocidad y la colisión. Se analiza por grupos, los estadísticos de contraste demuestran que la colisión en la conducción por el primer escenario de **autopista tras la ingesta de etanol** destaca notablemente que:

- ✓ **Existe mayor colisión en mujeres que en hombres** ya que del 100% (41 mujeres) de mujeres que realizan la prueba, frente al 100% (75 hombres) de hombres, **el 65,9% (27 mujeres) de mujeres SI COLISIONAN** a lo largo del trayecto de conducción **frente a un 34,1% (14 mujeres) que NO lo hacen**, es decir, terminan el trayecto sin ningún incidente.

- ✓ Existe mayor colisión en el rango de edad comprendida entre 25 y 39 años frente a los otros dos rangos de edades (≤ 24 años y ≥ 40 años).

SEXO * COLISION2_CON (TABLA 44)

Tabla cruzada

			COLISION2 CON		Total
			NO	SI	
SEXO	H	Recuento	41	34	75
		% dentro de SEXO	54,7%	45,3%	100,0%
	M	Recuento	16	21	37
		% dentro de SEXO	43,2%	56,8%	100,0%
Total		Recuento	57	55	112
		% dentro de SEXO	50,9%	49,1%	100,0%

EDAD3 * COLISION2_CON (TABLA 45)

Tabla cruzada

			COLISION2_CON		Total
			NO	SI	
EDAD3	ED <= 24	Recuento	18	20	38
		% dentro de EDAD3	47,4%	52,6%	100,0%
	ED 25 - 39	Recuento	24	27	51
		% dentro de EDAD3	47,1%	52,9%	100,0%
	ED >= 40	Recuento	15	8	23
		% dentro de EDAD3	65,2%	34,8%	100,0%
Total	Recuento	57	55	112	
	% dentro de EDAD3	50,9%	49,1%	100,0%	

- ESCENARIO 2: este escenario lo realizan los individuos de la muestra a estudio (N= 123) la segunda vez que realizan la segunda prueba de conducción realiza por autopista, **tras la ingesta de alcohol etílico**, siendo un 91,1 % (112 individuos de los 123 individuos de la MG). Se analiza por sexo y edades, la velocidad y la

colisión. Se analiza por grupos, los estadísticos de contraste demuestran que la colisión en la conducción por el primer escenario de **autopista tras la ingesta de etanol** destaca notablemente que:

- ✓ Existe **mayor colisión en mujeres que en hombres** ya que del 100% (37 mujeres) de mujeres que realizan la prueba, frente al 100% (75 hombres) de hombres, **el 56,8%** (21 mujeres) **de mujeres SI COLISIONAN a lo largo del trayecto de conducción bajo los efectos del etanol**, frente a un 43,2% (16 mujeres) que NO lo hacen, es decir, terminan el trayecto sin ningún incidente.
- ✓ Existe **mayor colisión en el rango de edad comprendida entre 25 y 39 años** frente a los otros dos rangos de edades (≤ 24 años y ≥ 40 años).

SEXO * COLISION3_CON (TABLA 46)

Tabla cruzada

			COLISION3_CON		Total
			NO	SI	
SEXO	H	Recuento	53	13	66
		% dentro de SEXO	80,3%	19,7%	100,0%
	M	Recuento	20	17	37
		% dentro de SEXO	54,1%	45,9%	100,0%
Total		Recuento	73	30	103
		% dentro de SEXO	70.9%	29.1%	100.0%

- ESCENARIO 3: este escenario lo realizan los individuos de la muestra a estudio (N= 123) la tercera vez que realizan la segunda

prueba de conducción realiza por autopista, **tras la ingesta de alcohol etílico**, siendo un 83,7% (103 individuos de los 123 individuos de la MG). Se analiza, por sexo y edades, la velocidad y la colisión. Se analiza por grupos, los estadísticos de contraste demuestran que la colisión en la conducción por el primer escenario de **autopista tras la ingesta de etanol** destaca notablemente que:

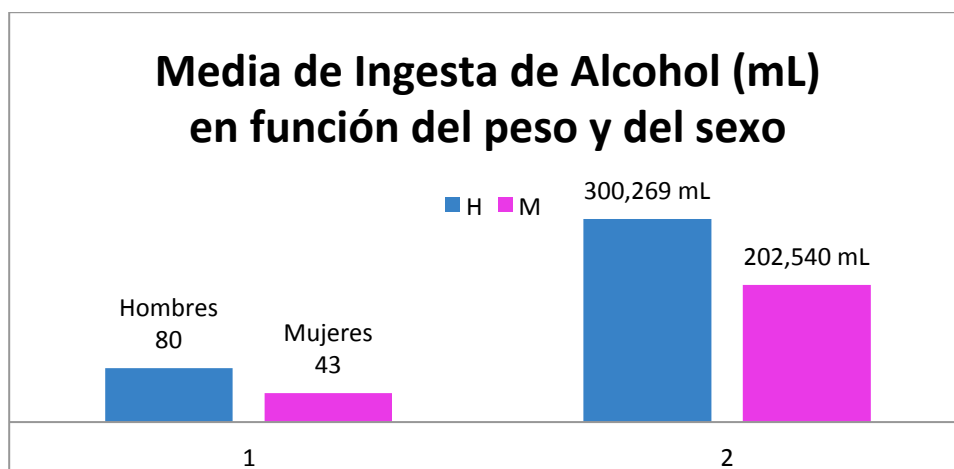
- ✓ Existe menor colisión en hombres y en mujeres en este tercer escenario, es decir terminan el trayecto sin ningún incidente.
- ✓ Existe menor colisión en los distintos rangos de edades que cuando realizaron las dos pruebas anteriores.

El estudio estadístico descriptivo de estas variables categóricas se hace constar en la analítica de las mismas, todas ellas, tras comparar los resultados obtenidos en estado basal (sin alcohol) y bajo la influencia del alcohol etílico tras su ingesta.

Esta comparativa se realiza en distintas concentraciones o medidas de alcohol en aire espirado, desde su estado basal (0.00 mg/L aire espirado) y las distintas concentraciones de alcohol en aire espirado hasta $\leq 0,30$ mg/L (margen de error del alcoholímetro de $\pm 5\%$).

Para ello se toman varias muestra a distintos minutos (15, 30, 40, 50 y 60 minutos) desde el comienzo de la prueba tras la ingesta del alcohol hasta la fase de absorción del alcohol de cada individuo que realiza las distintas pruebas a estudio.

GRÁFICA 25 “MEDIA DE INGESTA DE ALCOHOL EN AIRE ESPIRADO”



Gráfica 25. Media de Ingesta de Alcohol (mL) en función del peso y del sexo (N= 123)

MEDIA Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR (TABLA 47)

INGESTA DE ALCOHOL (mL) En función del peso y sexo	N (123)	Media (mL)	Desviación estándar	Media de error estándar
Hombres	80	300,269	56,73	6,34
Mujeres	43	202,540	48,67	7,42

Tabla 47. Media ingesta de alcohol (mL) en función del peso y del sexo (N= 123)

Unidireccional

Descriptivos								
	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
INGESTA ALCOHOL (mL) ED <= 24	39	233,474	56,9747	9,1233	215,005	251,943	150,0	375,0
(En función del peso y ED 25 - 39	56	283,929	74,0947	9,9013	264,086	303,772	147,0	470,0
sexo) ED >= 40	28	275,901	70,3389	13,2928	248,626	303,175	153,1	525,0
Total	123	266,104	71,3392	6,4324	253,370	278,837	147,0	525,0

Tabla 47 bis. Media ingesta de alcohol (mL) en función del peso y del sexo (N= 123)

Prueba T: HOMBRES Y MUJERES (N= 123)

ESTADÍSTICAS DE GRUPO (TABLA 48)

	SEXO	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
INGESTA ALCOHOL (mL) (En función del peso y sexo)	H	80	300,27	56,73	6,34
	M	43	202,50	48,67	7,42
ALCOHOLÍMETRO 15'	H	80	0,16	0,07	0,01
	M	43	0,17	0,07	0,01
ALCOHOLÍMETRO 30'	H	80	0,19	0,07	0,01
	M	43	0,21	0,06	0,01
ALCOHOLÍMETRO 40'	H	80	0,19	0,06	0,01
	M	43	0,20	0,05	0,01
ALCOHOLÍMETRO 50'	H	80	0,19	0,06	0,01
	M	43	0,20	0,05	0,01
ALCOHOLÍMETRO 60'	H	80	0,17	0,05	0,01
	M	43	0,18	0,04	0,01
PRUEBA CONDUCCIÓN FASE ABSORCIÓN ALCOHOL	H	80	0,19	0,05	0,01
	M	43	0,20	0,05	0,01
TIEMPO PRUEBA CONDUCCIÓN FASE ABSORCIÓN ALCOHOL	H	80	48,88	7,96	0,90
	M	43	48,37	6,88	1,05
MEDIDA AVC/AVL Y PUPILAS FASE ABSORCIÓN ALCOHOL	H	80	0,18	0,05	0,01
	M	43	0,19	0,04	0,01

Tabla 48. Estadísticas de grupo: hombre y mujeres (N=123)

Según la estadística de grupos (Tabla 48), los resultados son los siguientes:

- Los hombres (N= 80) tuvieron una media de ingesta de alcohol etílico de 300,27 mL, con una desviación estándar de $\pm 56,73$ ($\pm 56,73$ DT).
- Las mujeres (N= 43) tuvieron una media de ingesta de alcohol etílico de 202,54 mL, con una desviación estándar de $\pm 48,67$ ($\pm 48,67$ DT).

- La media de alcohol ($\leq 0,25$ mg/L en aire espirado hasta absorción) entre hombres y mujeres a distintas medidas tomadas con el alcoholímetro en los tiempos establecidos:
 - 15 minutos,
 - 30 minutos,
 - 40 minutos,
 - 50 minutos y
 - 60 minutos, fueron las siguientes:

Tiempo de Medida Alcohol (en aire espirado)	HOMBRES (N= 80)	MUJERES (N= 43)
Medida 15'	0,16 mg/L	0,17 mg/L
	($\pm 0,07$ DT)	($\pm 0,07$ DT)
Medida 30'	0,18 mg/L	0,20 mg/L
	($\pm 0,07$ DT)	($\pm 0,07$ DT)
Medida 40'	0,19 mg/L	0,20 mg/L
	($\pm 0,07$ DT)	($\pm 0,05$ DT)
Medida 50'	0,18 mg/L	0,20 mg/L
	($\pm 0,06$ DT)	($\pm 0,05$ DT)
Medida 60'	0,17 mg/L	0,18 mg/L
	($\pm 0,05$ DT)	($\pm 0,04$ DT)

Tabla 49. Media de alcohol ($\leq 0,25$ mg/L en aire espirado hasta absorción) entre hombres y mujeres (N=123)

- La media del tiempo hasta llegar a la fase de absorción y realizar la prueba de conducción fue de 48,88 minutos los hombres con una desviación estándar de $\pm 7,96$ ($\pm 7,96$ DT) y de 48,37 minutos las mujeres, con una desviación estándar de $\pm 6,88$ ($\pm 6,88$ DT).

4.3.2 Resultados más relevantes del estudio

A continuación se exponen los resultados obtenidos del análisis de la Muestra General en relación a la AV, la respuesta y diámetro pupilar, el tiempo de reacción de respuesta de un individuo ante un estímulo visual inesperado y la variación de velocidad a la que conduce un individuo en distintas secuencias con un simulador de conducción de vehículos a motor por autopista, para determinar si existe afectación en los parámetros descritos tras la ingesta de alcohol étílico en concentraciones igual o inferiores a lo establecido por la normativa vigente en España ($\leq 0,25$ mg/L en aire espirado o su equivalente 0,5 g/L en sangre).

Por lo que se hace necesario que el análisis de cada parámetro se ejecute en función de las distintas fases de la curva de alcoholemia hasta la fase de absorción.

Así por tanto, cada parámetro será analizado en relación al sexo de la muestra, la edad, la ametropía y las cantidades de concentración de alcohol en aire espirado obtenidas en los tiempos establecidos desde el minuto 0' - estado basal (0,00 mg/L) - hasta el minuto 30', el minuto 40', el minuto 50' y el minuto 60' sin sobrepasar los límites permitidos por la legislación vigente en España - 0,25 mg/L en aire espirado o su equivalente en sangre 0,5 g/L -.

▪ ANÁLISIS DE LA AGUDEZA VISUAL CERCANA Y LEJANA

Estamos estudiando las diferencias que presenta una variable numérica entre dos grupos: el alcohol etílico y la AV tanto en visión lejana como en visión cercana (medida de AV de lejos y de cerca según el sistema logarítmico - logMar) para determinar si existe una alteración de la misma bajo los efectos del alcohol, para contrastar si las diferencias numéricas obtenidas al comparar dos tratamientos (SIN ALCOHOL Y CON ALCOHOL) son lo suficientemente grandes como para que su única causa sea atribuible al azar.

Para ello clasificaremos el estudio en dos clases:

- Muestras apareadas o relacionadas
- Muestras independientes

Se realiza una estudio comparativo paramétrico para dos medias longitudinales (EL ANTES Y EL DESPUÉS), una en estado basal (0,00mg/L en aire espirado) y otra tras la ingesta de alcohol etílico (en función del sexo y peso) en concentraciones a distintas medidas, realizadas a distintos tiempos: 15, 30, 40, 50 y 60 minutos respectivamente (fase de absorción hasta la fase de distribución del alcohol en sangre).

En los contrastes con muestras apareadas, la hipótesis nula es que el tratamiento no presenta efecto, frente a la hipótesis alternativa de que sí hay diferencia. Como en todo contraste de hipótesis, se declara que el efecto es estadísticamente significativo si la significación calculada es inferior a cierta cantidad pequeña (5% ó 1% típicamente).

Los contrastes se han realizado calculando las diferencias existentes entre cada observación de un grupo y la observación asociada en el segundo. Si las mencionadas diferencias tienen una distribución

aproximadamente normal o bien la muestra es grande, para lo que se ha utilizado la **t-student para muestras apareadas**.

Los niveles de significación de acuerdo con el **valor de la probabilidad o p** de la prueba **t de Student** son:

- $p > 0,05$: tendente a la significancia, es decir, que no puede demostrarse estadísticamente que ambas poblaciones comparadas no sean la misma.
- $p < 0,05$: significativo.
- $p < 0,01$: muy significativo.
- $p < 0,001$: altamente significativo.

DIFERENCIAS DE AV CERCA Y AV LEJOS (TABLA 50)

Prueba T

Estadísticas de muestra única				
	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
AV (C) 1 Diferencia OD	123	,036	,1120	,0101
AV (C) 2 Diferencia OI	123	,027	,0959	,0086
AV (C) 3 Diferencia AO	123	,018	,0747	,0067
AV (L) 1 Diferencia OD	123	-,634	3,0922	,2788
AV (L) 2 Diferencia OI	123	-,341	3,2158	,2900
AV (L) 3 Diferencia AO	123	,326	2,1557	,1944

Prueba de muestra única						
	Valor de prueba = 0					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
AV (C) 1 Diferencia OD	3,581	122	,000	,0362	,016	,056
AV (C) 2 Diferencia OI	3,103	122	,002	,0268	,010	,044
AV (C) 3 Diferencia AO	2,656	122	,009	,0179	,005	,031
AV (L) 1 Diferencia OD	-2,274	122	,025	-,6341	-1,186	-,082
AV (L) 2 Diferencia OI	-1,178	122	,241	-,3415	-,915	,233
AV (L) 3 Diferencia AO	1,677	122	,096	,3260	-,059	,711

Tabla 50. Diferencias AV cerca y AV lejos

Se puede apreciar en las medias de la AV tanto monocular como binocular de la Tabla 50, un media negativa tanto en la Diferencia de AV del OD como en la Diferencia de la AV del OI en visión lejana. Esta diferencia de la media negativa se refiere a un aumento de AV tras la ingesta del alcohol etílico, ya que los cruces estadísticos que se realizaron de la MG fueron SIN/CON, es decir los resultados de la medida de la AV en estado basal (SIN) con los resultados de la medida de la AV bajo los efectos del alcohol en fase de absorción. Por ello si hay un resultado negativo, en lo referente a la AV se interpreta el mismo como un aumento de AV, es decir, número de letras del optotipo que se ven de más. Posteriormente se realiza un estudio de la muestra y se ve si se ha encontrado que varíe de forma estadísticamente significativa tanto de manera monocular como binocular.

Tras la ingesta de alcohol etílico en la MG estudiada (N=123) y después de realizar una comparación de las medias de las variables cuantitativas en dos grupos, realizado con la prueba T de Student, se comprueba que existe una diferencia estadística:

- ✓ **Altamente significativa ($p < 0,001$)** entre las medias de las variables cuantitativas de Diferencia de:
 - ***AV de cerca en el OD ($p = 0,000$)***, es decir, existe una **disminución altamente significativa de la AV del OD en visión cercana después de la ingesta de alcohol etílico**, con un error menor de un 0,1%, lo que supone que sea altamente significativo a nivel global, ya que las diferencias son de más de un 99,9% de confianza.
- ✓ **Muy significativa ($p < 0,01$)** entre las medias de las variables de Diferencia de:
 - ***AV de cerca en el OI ($p = 0,002$)***, es decir, existe una **disminución muy significativa de la AV en visión**

cercana del OI después de la ingesta de alcohol etílico, con un error menor de un 1%, lo que supone que sea altamente significativo a nivel global, ya que las diferencias son de mas de un 99% de confianza.

- **AV de cerca en visión binocular (AO) ($p=0,009$)**, es decir, existe una disminución muy significativa de la AV binocular en visión cercana después de la ingesta de alcohol etílico, con un error menor de un 1%, lo que supone que sea altamente significativo a nivel global, ya que las diferencias son de mas de un 99% de confianza.

- ✓ **Significativa ($p<0,05$)** entre las medias de las variables de Diferencia de:
 - **AV de lejos en el OD ($p=0,025$)**, es decir, existe un aumento significativo de la AV en visión lejana según el ojo fijador, después de la ingesta de alcohol etílico, con un error menor de un 5 %, lo que supone que sea significativo a nivel global, ya que las diferencias son de mas de un 95% de confianza.

- ✓ Así como una diferencia **tendente a la significancia estadística ($p>0,05$)** en la Diferencia de **AV binocular de lejos ($p=0,096$)** después de la ingesta de alcohol etílico, es decir una disminución de la AV binocular después de la ingesta de alcohol, con un error menor de un 10%, lo que supone una diferencia tendente a la significancia estadística a nivel global, ya que las diferencias son de mas de un 90% de confianza.

DIFERENCIAS POR SEXO (TABLA 51)

Prueba T

Estadísticas de grupo

SEXO		N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
AV (C) 1 Diferencia OD	H	80	,041	,1015	,0113
	M	43	,027	,1302	,0199
AV (C) 2 Diferencia OI	H	80	,036	,0958	,0107
	M	43	,009	,0947	,0144
AV (C) 3 Diferencia AO	H	80	,028	,0826	,0092
	M	43	0,000	,0535	,0082
AV (L) 1 Diferencia OD	H	80	-,738	2,7363	,3059
	M	43	-,442	3,6923	,5631
AV (L) 2 Diferencia OI	H	80	-,525	3,2878	,3676
	M	43	0,000	3,0861	,4706
AV (L) 3 Diferencia AO	H	80	,189	2,1173	,2367
	M	43	,581	2,2279	,3397

Prueba de muestras independientes

		Prueba de Levene de calidad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias			
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias
HOMBRES							
AV (C) 1 Diferencia OD	Se asumen varianzas iguales	2,652	,106	,683	121	,496	,0145
	No se asumen varianzas iguales			,634	69,961	,528	,0145
AV (C) 2 Diferencia OI	Se asumen varianzas iguales	1,717	,193	1,494	121	,138	,0269
	No se asumen varianzas iguales			1,499	86,959	,137	,0269
AV (C) 3 Diferencia AO	Se asumen varianzas iguales	6,828	,010	1,970	121	,051	,0275
	No se asumen varianzas iguales			2,232	116,772	,028	,0275
AV (L) 1 Diferencia OD	Se asumen varianzas iguales	2,221	,139	-,504	121	,615	-,2956
	No se asumen varianzas iguales			-,461	67,336	,646	-,2956
AV (L) 2 Diferencia OI	Se asumen varianzas iguales	,432	,512	-,862	121	,390	-,5250
	No se asumen varianzas iguales			-,879	90,892	,382	-,5250
AV (L) 3 Diferencia AO	Se asumen varianzas iguales	1,142	,287	-,963	121	,337	-,3926
	No se asumen varianzas iguales			-,948	82,359	,346	-,3926

Tabla 51. Diferencias por sexo

Según el sexo, en la Tabla 51, se observa una única variable significativa en la AV cercana AV(C) Diferencia de AO, con una media de $0,028 \pm 0,0826$ DT en los 80 hombres y otra media de $0,000 \pm 0,0535$ DT que corresponde a las 43 mujeres, indicativo de que hay diferencias entre ambos sexos. Este test estadístico compara las dos medias indicadas (0,028 vs 0,000).

Según el **test de Levene**, tras la ingesta de alcohol en la muestra estudiada (N=123) por sexo (hombres y mujeres) existe una diferencia estadística:

- ✓ **Significativa ($p < 0,05$)** entre las medias de las variables de Diferencia de ***AV binocular de cerca después de la ingesta de alcohol etílico, indicativo de una disminución de AV binocular en visión cercana*** en:
 - ***Mujeres ($p = 0,028$)***, siendo ***mayor la disminución de AV binocular de cerca que en los hombres.***

DIFERENCIAS POR AMETROPIA (TABLA 52)

Prueba T

Estadísticas de grupo

AMETROPIA	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
AV (C) 1 Diferencia OD NO	54	,033	,1009	,0137
SI	69	,038	,1207	,0145
AV (C) 2 Diferencia OI NO	54	,015	,0920	,0125
SI	69	,036	,0985	,0119
AV (C) 3 Diferencia AO NO	54	,006	,0564	,0077
SI	69	,028	,0856	,0103
AV (L) 1 Diferencia OD NO	54	-,019	2,2444	,3054
SI	69	-1,116	3,5626	,4289
AV (L) 2 Diferencia OI NO	54	-,389	2,4604	,3348
SI	69	-,304	3,7192	,4477
A AV (L) 3 Diferencia AO NO	54	,204	2,0866	,2840
SI	69	,422	2,2187	,2671

Prueba de muestras independientes

		Prueba de Levene de calidad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias			
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias
AV (C) 1 Diferencia OD	Se asumen varianzas iguales	1,577	,212	-,248	121	,804	-,0051
	No se asumen varianzas iguales			-,254	120,438	,800	-,0051
AV (C) 2 Diferencia OI	Se asumen varianzas iguales	1,879	,173	-1,232	121	,220	-,0214
	No se asumen varianzas iguales			-1,242	117,229	,217	-,0214
AV (C) 3 Diferencia AO	Se asumen varianzas iguales	6,241	,014	-1,631	121	,106	-,0220
	No se asumen varianzas iguales			-1,712	117,835	,090	-,0220
AV (L) 1 Diferencia OD	Se asumen varianzas iguales	7,746	,006	1,976	121	,050	1,0974
	No se asumen varianzas iguales			2,084	116,137	,039	1,0974
AV (L) 2 Diferencia OI	Se asumen varianzas iguales	4,615	,034	-,144	121	,886	-,0845
	No se asumen varianzas iguales			-,151	117,980	,880	-,0845
AV (L) 3 Diferencia AO	Se asumen varianzas iguales	2,173	,143	-,555	121	,580	-,2180
	No se asumen varianzas iguales			-,559	116,932	,577	-,2180

Tabla 52. Diferencias por ametropía

Por ametropías, según la Tabla 52, se observa un única variable significativa en la AV de lejos AV(L) Diferencia del OD (correspondiente al ojo fijador de la muestra a estudio) con unas medias negativas según el tipo de ametropía de en visión lejana en el OD de $(-0,19 \pm 2,244 \text{ DT})$ en amétropes (no presentan ninguna anomalía en la visión) y otra media de $(-1,116 \pm 3,563 \text{ DT})$ que corresponde a los emétropes (sí presentan alguna anomalía en la visión), indicativo de que hay diferencias entre amétropes y emétropes. Este test estadístico compara las dos medias indicadas $(-0,19 \text{ vs } -1,116)$ entre los sujetos con ametropías y los emétropes. Se realiza el **test de Levene**, tras la ingesta de alcohol en la muestra estudiada ($N=123$) según ametropías existiendo una diferencia estadística:

- ✓ **Significativa ($p<0,05$)** entre las medias de las variables de Diferencia de ***AV de lejos del OD después de la ingesta de alcohol etílico, indicativo de un aumento de AV lejana en ojo fijador*** en:
 - ***Amétropes ($p=0,039$), siendo más notable este aumento de la AV de lejos del ojo fijador que en los emétropes ($p=0,050$).***

Este aumento de AV en visión lejana del OD, aparece en los estudios de medias de las Diferencias de AV de la MG.

DIFERENCIAS POR TIPO DE AMETROPÍAS (TABLA 53)

		Descriptivos					
		N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media	
						Límite inferior	Límite superior
AV (C) 2 Diferencia OI	EMETROPE	54	,015	,0920	,0125	-,010	,040
	MIOPE	38	,055	,0978	,0159	,023	,087
	HIPERMÉTROPE	4	,125	,1258	,0629	-,075	,325
	PRESBICIE	8	-,025	,1035	,0366	-,112	,062
	ASTIGAMATA	19	,005	,0705	,0162	-,029	,039
	Total	123	,027	,0959	,0086	,010	,044
AV (L) 1 Diferencia OD	EMETROPE	54	-,019	2,2444	,3054	-,631	,594
	MIOPE	38	-1,237	3,3404	,5419	-2,335	-,139
	HIPERMÉTROPE	4	1,750	4,2720	2,1360	-5,048	8,548
	PRESBICIE	8	-,750	3,4538	1,2211	-3,637	2,137
	ASTIGAMATA	19	-1,632	3,8903	,8925	-3,507	,243
	Total	123	-,634	3,0922	,2788	-1,186	-,082

		ANOVA				
		de	gl	cuadrática	F	Sig.
AV (C) 2 Diferencia OI	Entre grupos	,107	4	,027	3,124	,018
	Dentro de grupos	1,014	118	,009		
	Total	1,121	122			
AV (L) 1 Diferencia OD	Entre grupos	76,016	4	19,004	2,056	,091
	Dentro de grupos	#####	118	9,242		
	Total	#####	122			

Tabla 53. Diferencias por tipo de ametropías

Según el tipo de ametropías, se estudia la media de las Diferencias de AV en el OI en visión cercana, observando una media negativa en los présbitas, lo que supone un aumento de visión tras la ingesta de alcohol según el test de ANOVA, encontrándose que varía de forma correlativa estadísticamente significativa.

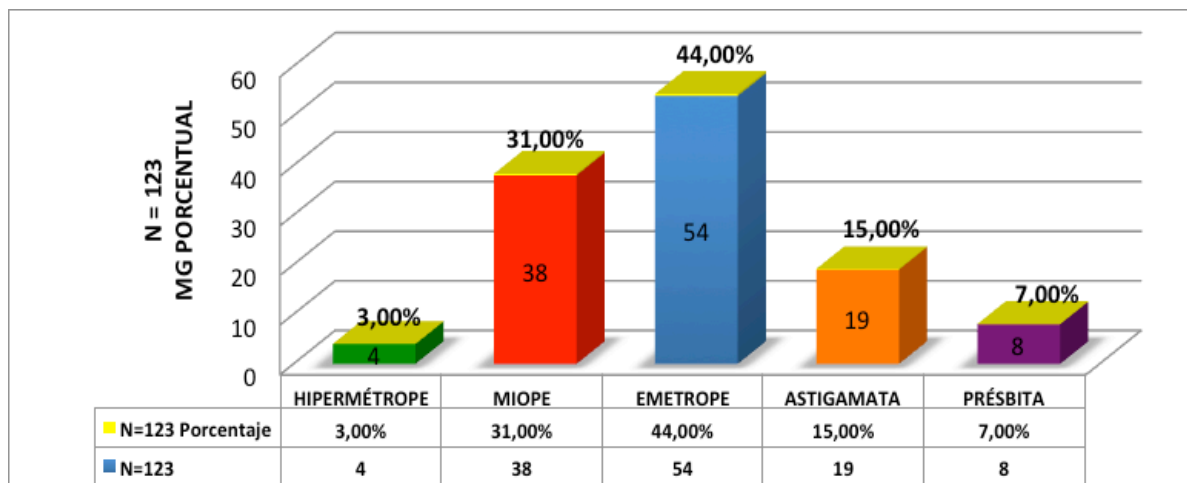
Tras la ingesta de alcohol en la MG estudiada (N=123) por tipo de ametropía, se ha realizado una comparación de más de 2 medias paramétricas; mediante el test de ANOVA existe una diferencia estadística entre grupos:

- ✓ **Significativa ($p < 0,05$)** entre las medias de las variables de Diferencia de AV de cerca después de la ingesta de alcohol étílico en OI ($p = 0,018$),

indicativo de una **disminución de AV de cerca en OI entre los cuatro grupos de ametropías.**

- ✓ Así como una diferencia **tendente a la significancia estadística ($p>0,05$)** en la *Diferencia de AV de lejos del OD después de la ingesta de alcohol etílico ($p=0,91$)*, indicativo de una **pequeña disminución de AV de lejos en el OD entre los cuatro grupos de ametropías.**

GRÁFICA 26 “ SEGÚN TIPO DE AMETROPÍA”



Gráfica 26. Muestra general según tipo de ametropía (N= 123)

TEST DE DUNCAN SEGÚN TIPO DE AMETROPIA (TABLA 54)

Pruebas post hoc

Subconjuntos homogéneos

INGESTA ALCOHOL (mL) (En función del peso y sexo)

AV (C) 2 Diferencia OI

Duncan_{α,β}

TIPO DE AMETROPIA	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
PRESBICIE	8	-,025	
ASTIGMATA	19	,005	
EMETROPE	54	,015	
MIOPE	38	*,055	,055
HIPERMETROPE	4		*,125
Sig.		,071	,086

AV (L) 1 Diferencia OD

Duncan_{α,β}

TIPO DE AMETROPIA	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
ASTIGMATA	19	-1,632	
MIOPE	38	-1,237	
PRESBICIE	8	*,750	*,750
EMETROPE	54	*,019	*,019
HIPERMETROPE	4		*,1750
Sig.		,273	,076

Tabla 54. Test de Duncan según tipo de ametropía

Para identificar qué grupos son diferentes o similares en contrastes paramétricos de más de 2 grupos, se realiza el **test de pruebas post-hoc**, en concreto el **test de Duncan** para analizar si la diferencia mínima cambia entre los pasos, es decir analizar los tramos o subgrupos par ver si existe diferencia estadística; según el Test de Duncan existe una diferencia estadística entre las medias de:

- ✓ AV monocular de cerca, ojo no fijador (OI) antes y después de la ingesta de alcohol, siendo,
 - La media negativa de las variables de Diferencia en el **préscita** (-0,025 ± 0,1035 DT) corresponde con un **aumento** de AV en visión próxima de manera monocular tras la ingesta de etanol en

concentraciones $\leq 0,25$ mg/L en aire espirado. Siendo *el présbita* el que mejor visión monocular de cerca tiene tras la ingesta de alcohol que el **hipermétrope** ($0,125 \pm 0,1258$ DT) que ve **bastante peor** monocularmente en visión próxima con alcohol.

- La media positiva de las variables de Diferencia en el **miope** ($0,055 \pm 0,978$ DT) corresponde con una disminución de la AV próxima monocular, es decir, ven bastante mejor que el hipermétrope pero bastante peor que el présbita por el OI en visión próxima tras la ingesta de etanol.
 - Entre la media positiva de las variables de Diferencia en el **astígmata** ($0,005 \pm 0,070$ DT), esta corresponde con una mejor AV monocular de cerca por el OI tras la ingesta de alcohol que el **hipermétrope** ($0,125 \pm 0,1258$ DT) que ve bastante peor en visión próxima monocular por el OI con alcohol. Siendo el **miope** ($0,055 \pm 0,978$ DT) el que ve bastante mejor que el hipermétrope pero bastante peor que el présbita en visión próxima monocular por el OI tras la ingesta de etanol.
 - La media positiva de las variables de Diferencia en el **emétrope** ($0,015 \pm 0,920$ DT) en relación con el resto de ametropías, corresponde a una mejor AV monocular de cerca por el OI tras la ingesta de alcohol que el miope y el hipermétrope que ve bastante peor en visión próxima monocular por el OI con alcohol.
- ✓ AV monocular de lejos, ojo fijador (OD) antes y después de la ingesta de alcohol, siendo,
- La media negativa de las variables de Diferencia en el **astígmata** ($-1,632 \pm 3,890$ DT) y en el **miope** ($-1,237 \pm 3,340$ DT) corresponde con un aumento de AV lejana monocular por el OD (ojo fijador de

la muestra a estudio), siendo éstos los que ven mejor de lejos de manera monocular por el ojo fijador (OD) tras la ingesta de alcohol que, el **présbita** ($-0,750 \pm 3,453$ DT), el **emétrope** ($-0,019 \pm 2,244$ DT) y el **hipermétrope** ($1,750 \pm 4,272$ DT).

- El hipermetrópe es el que ve bastante peor en visión monocular lejana por el ojo fijador (OD) que el resto del grupo tras la ingesta de etanol.

- ❖ Existe una notable apreciación de aumento de **AV en visión monocular lejana por el OD** (ojo fijador de la muestra a estudio), tras la ingesta de alcohol etílico, en el **astigmata y en el miope** en relación con el resto del grupo.
- ❖ Existe una notable apreciación de pérdida de **AV en visión monocular cercana por el OD** (ojo fijador de la muestra a estudio), tras la ingesta de alcohol etílico, en el **hipermétrope** en relación con el resto del grupo.
- ❖ Existe una notable apreciación de aumento de **AV en visión monocular cercana por el OI**, tras la ingesta de alcohol etílico, en el **présbita** en relación con el resto del grupo.

DIFERENCIAS DE AV POR CONCENTRACIÓN DE ALCOHOL ETÍLICO (TABLA 55)

TIPO DE AMETROPIA = EMETROPE

		Descriptivos ^a					de confianza para	
		N	Media	Desviación estándar	Error estándar		Límite inferior	Límite superior
AV (C) 1 Diferencia OD	<= 0.10	5	-,040	,1517	,0678		-,228	,148
	0.11-0.15	10	0,000	,0816	,0258		-,058	,058
	0.16-0.20	20	,035	,0745	,0167		,000	,070
	0.21-0.24	13	,054	,1050	,0291		-,010	,117
	>= 0.25	6	,100	,1265	,0516		-,033	,233
	Total	54	,033	,1009	,0137		,006	,061
AV (C) 2 Diferencia OI	<= 0.10	5	,060	,0894	,0400		-,051	,171
	0.11-0.15	10	-,030	,0675	,0213		-,078	,018
	0.16-0.20	20	,005	,0826	,0185		-,034	,044
	0.21-0.24	13	,038	,1193	,0331		-,034	,111
	>= 0.25	6	,033	,0816	,0333		-,052	,119
	Total	54	,015	,0920	,0125		-,010	,040
AV (C) 3 Diferencia AO	<= 0.10	5	-,040	,0548	,0245		-,108	,028
	0.11-0.15	10	-,010	,0316	,0100		-,033	,013
	0.16-0.20	20	0,000	,0324	,0073		-,015	,015
	0.21-0.24	13	,023	,0832	,0231		-,027	,073
	>= 0.25	6	,050	,0548	,0224		-,007	,107
	Total	54	,006	,0564	,0077		-,010	,021

Tabla 55. Diferencias de AV por concentración de alcohol etílico

		ANOVA ^a				
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
AV (C) 1 Diferencia OD	Entre grupos	,070	4	,018	1,830	,138
	Dentro de grupos	,470	49	,010		
	Total	,540	53			
AV (C) 2 Diferencia OI	Entre grupos	,042	4	,010	1,252	,302
	Dentro de grupos	,407	49	,008		
	Total	,448	53			
AV (C) 3 Diferencia AO	Entre grupos	,029	4	,007	2,577	,049
	Dentro de grupos	,139	49	,003		
	Total	,168	53			
AV (L) 1 Diferencia OD	Entre grupos	45,489	4	11,372	2,516	,053
	Dentro de grupos	221,492	49	4,520		
	Total	266,981	53			
AV (L) 2 Diferencia OI	Entre grupos	14,164	4	3,541	,566	,689
	Dentro de grupos	306,669	49	6,259		
	Total	320,833	53			
AV (L) 3 Diferencia AO	Entre grupos	11,726	4	2,931	,656	,626
	Dentro de grupos	219,033	49	4,470		
	Total	230,759	53			

Tabla 56. Test de ANOVA. Diferencias de AV por concentración de alcohol etílico

Según el grado de concentración de alcohol en aire espirado, se estudia la media de las Diferencias de AV en visión cercana binocular (TABLA 55), observando una media negativa en los **emétropes**, lo que supone un aumento de visión tras la ingesta de alcohol en concentraciones **< 0,15 mg/L en aire espirado** según el test de ANOVA (TABLA 56), siendo,

- **Significativa ($p < 0,05$)** entre las medias de las variables de Diferencia en el **emétrope en concentraciones de alcohol en aire espirado < 0,15 mg/L**. Existe un aumento de la AV de cerca binocular en concentraciones < 0,15 mg/L ($p = 0,049$).
- A partir de concentraciones > 0,16 mg/L en aire espirado existe una alteración de la AV de cerca binocular, con un empeoramiento de ésta estadísticamente significativa.

Para identificar qué grupos son diferentes o similares en contrastes paramétricos de más de 2 grupos, se realiza el **test de pruebas post-hoc**, en concreto el **test de Duncan (TABLA 57)** para analizar si la diferencia mínima cambia entre los pasos, es decir analizar los tramos o subgrupos par ver si existe diferencia estadística; según el Test de Duncan existe una diferencia estadística en:

AV (C) 1 Diferencia OD*			
Duncan ^{b,c}			
RangoConcentracion	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
<= 0.10	5	-.040	
0.11-0.15	10	0,000	0,000
0.16-0.20	20	,035	,035
0.21-0.24	13	,054	,054
>= 0.25	6		,100
Sig.		,077	,060

AV (C) 3 Diferencia AO*				
Duncan ^{b,c}				
RangoConcentracion	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
<= 0.10	5	-.040		
0.11-0.15	10	-.010	-.010	
0.16-0.20	20	0,000	0,000	0,000
0.21-0.24	13		,023	,023
>= 0.25	6			,050
Sig.		,152	,236	,074

Tabla 57. Test de DUNCAN. Diferencias de AV por concentración de alcohol etílico

-
- ✓ AV monocular de cerca del OD (ojo fijador de la muestra a estudio) antes y después de la ingesta de alcohol, siendo,
 - La media negativa de las variables de Diferencia en el **emétrope** $(-0,040 \pm 0,152 \text{ DT})$ en concentraciones de alcohol en aire espirado $\leq 0,10 \text{ mg/L}$ corresponde a un **aumento** de AV monocular en visión cercana del ojo fijador a estas concentraciones de alcohol en aire espirado.
 - La media positiva de las variables de Diferencias en el **emétrope** $(0,000 \pm 0,082 \text{ DT})$ a partir de concentraciones de alcohol etílico $> 0,11 \text{ mg/L en aire espirado}$, corresponde con una disminución muy notable de la **AV monocular de cerca en el ojo fijador (OD)**, es decir, comienza a haber una afectación en la AV monocular en visión cercana del ojo fijador a partir de esta concentración.
 - ✓ AV binocular de cerca antes y después de la ingesta de alcohol, siendo,
 - La media negativa de las variables de Diferencia en el **emétrope** $(-0,010 \pm 0,032 \text{ DT})$ en concentraciones de etanol $< 0,15 \text{ mg/L en aire espirado}$, corresponde con un **aumento** de AV binocular en visión cercana a estas concentraciones de alcohol en aire espirado.
 - La media positiva de las variables de Diferencia en el **emétrope** $(0,000 \pm 0,032 \text{ DT})$ a partir de concentraciones de alcohol etílico $> 0,16 \text{ mg/L en aire espirado}$, corresponde con una disminución de la AV binocular cercana a partir de esta concentración de alcohol en aire espirado, siendo muy notablemente la afectación de disminución de la AV binocular cercana a partir de concentraciones $\geq 0,21 \text{ mg/L en aire espirado}$.

- **ANÁLISIS PUPILAR**

A continuación estudiamos las diferencias que presenta una variable numérica entre dos grupos: el alcohol etílico y la respuesta pupilar y el diámetro pupilar para determinar si existe una alteración de la misma bajo los efectos del alcohol, para contrastar si las diferencias numéricas obtenidas al comparar dos tratamientos (SIN ALCOHOL Y CON ALCOHOL) son lo suficientemente grandes como para que su única causa sea atribuible al azar.

Para ello clasificaremos el estudio en dos clases:

- Muestras apareadas o relacionadas
- Muestras independientes

Se realiza una estudio comparativo paramétrico para dos medias longitudinales (EL ANTES Y EL DESPUÉS), una en estado basal (0,00mg/L en aire espirado) y otra tras la ingesta de alcohol etílico (en función del sexo y peso) en concentraciones a distintas medidas, realizadas a distintos tiempos: 15, 30, 40, 50 y 60 minutos respectivamente (fase de absorción hasta la fase de distribución del alcohol en sangre).

En los contrastes con muestras apareadas, la hipótesis nula es que el tratamiento no presenta efecto, frente a la hipótesis alternativa de que sí hay diferencia. Como en todo contraste de hipótesis, se declara que el efecto es estadísticamente significativo si la significación calculada es inferior a cierta cantidad pequeña (5% ó 1% típicamente).

Los contrastes se han realizado calculando las diferencias existentes entre cada observación de un grupo y la observación asociada en el segundo. Si las mencionadas diferencias tienen una distribución

aproximadamente normal o bien la muestra es grande, para lo que se ha utilizado la **t-student para muestras apareadas**.

DIFERENCIAS DE DIÁMETRO PUPILAR DE LA MG (TABLA 58)

Prueba T

Estadísticas de muestra única

	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
Diámetro Pupilar 1 (mm) Diferencia OD	123	1,187	,5137	,0463
Diámetro Pupilar 2 (mm) Diferencia OI	123	1,179	,4923	,0444
Diámetro Pupilar 3 (mm) Diferencia AO	114	1,175	,4977	,0466

Prueba de muestra única

	Valor de prueba = 0					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Diámetro Pupilar 1 (mm) Diferencia OD	25,625	122	,000	1,1870	1,095	1,279
Diámetro Pupilar 2 (mm) Diferencia OI	26,559	122	,000	1,1789	1,091	1,267
Diámetro Pupilar 3 (mm) Diferencia AO	25,216	113	,000	1,1754	1,083	1,268

Tabla 58. Diferencias de diámetro pupilar de la MG (N=123)

Tras la ingesta de alcohol etílico en la muestra general (MG) estudiada (N=123) existe una diferencia estadística:

✓ **Altamente significativa ($p < 0,001$)** entre las medias de las variables de Diferencia de:

- **Diámetro pupilar del OD, OI y AO ($p = 0,000$)**, es decir existe un aumento del diámetro pupilar después de la ingesta de alcohol etílico tanto en visión monocular como binocular.

Se realizan mediciones de los diámetros pupilares de ambos ojos y de las distancias interpupilares antes y después de la ingesta de alcohol. Siendo altamente significativo ($p < 0,001$) la disminución de la DIP y el aumento de los diámetros de ambos ojos, con un error menor de un 0,1%, lo que supone que sea

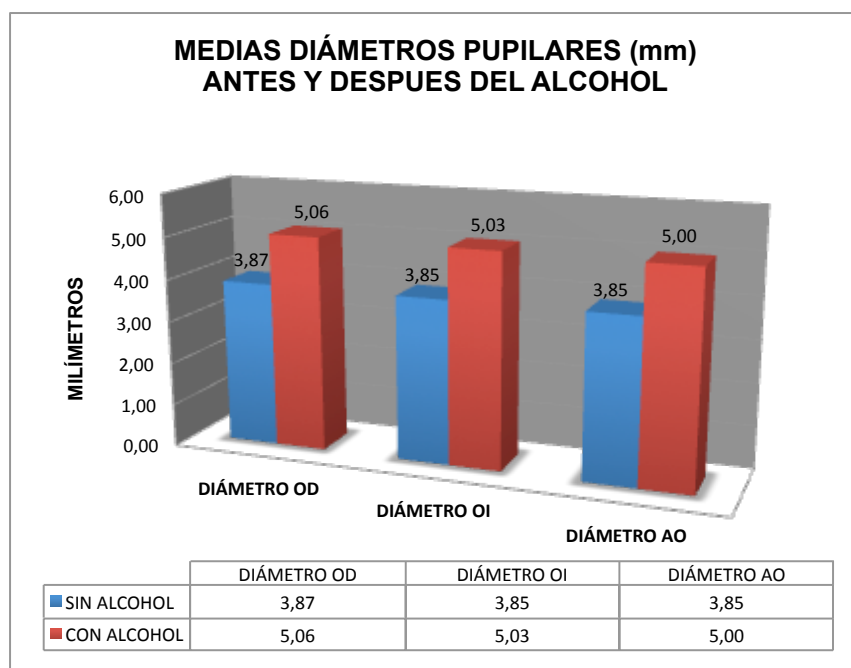
altamente significativo a nivel global, ya que las diferencias son de mas de un 99,9% de confianza.

MEDIAS DE DIÁMETROS PUPILARES ANTES Y DESPUÉS DEL ALCOHOL (TABLA 59)

MEDIA DIÁMETROS PUPILARES SIN/CON	N		Media	Error estándar de la media	Mediana	Desviación estándar
	Válido	Perdidos				
DIÁMETRO PUPILAR (mm) AO (SIN)	114	9	3,86	0,06	4,000	0,600
DIÁMETRO PUPILAR (mm) AO (CON ALCOHOL)	114	9	5,00	0,07	5,000	0,763

Tabla 59. Medias de diámetro pupilar antes y después del alcohol

GRÁFICA 27 “MEDIAS DE DIÁMETROS PUPILARES DE LA MG ANTES Y DESPUÉS DE LA INGESTA DE ALCOHOL ETÍLICO”

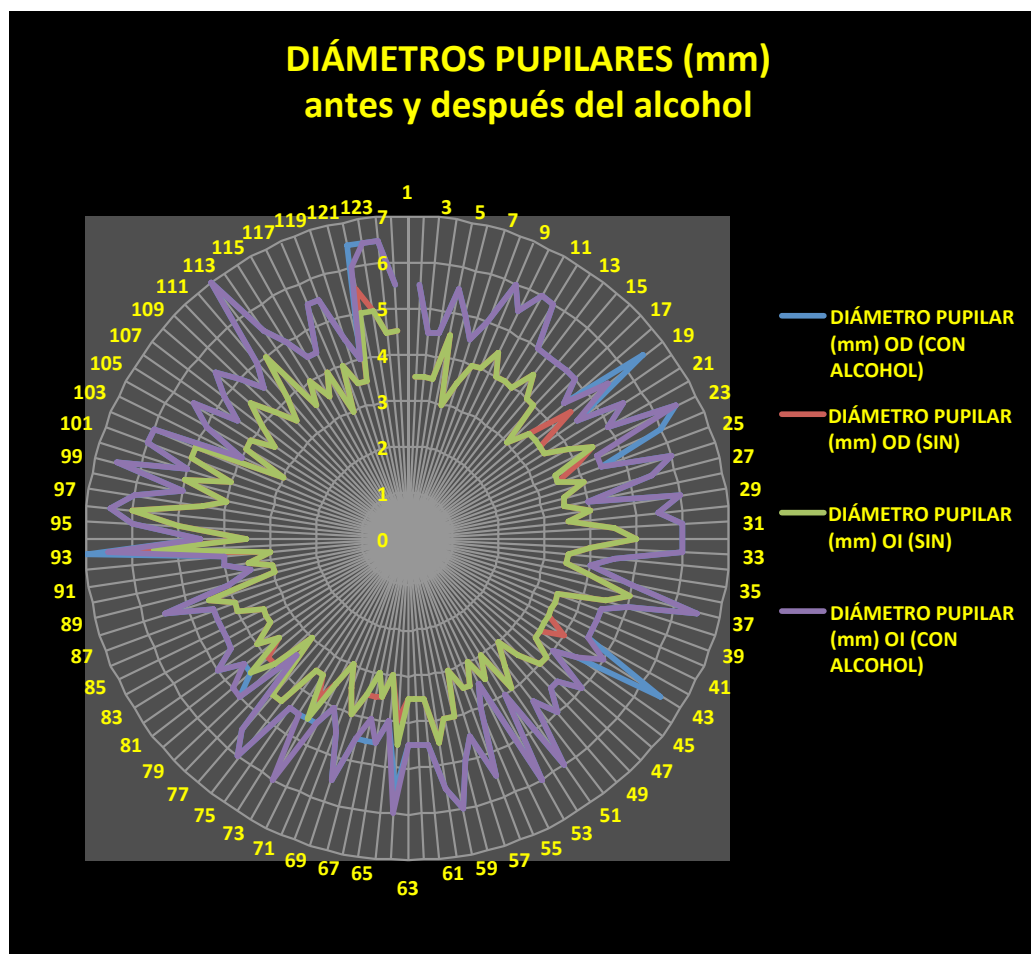


Gráfica 27. Medias diámetros pupilares (mm) antes y después del alcohol

Se observa una media en la diferencia de diámetro entre el estado basal (0,00 mg/L en aire espirado): 3,85 mm con una DT de $\pm 0,06$ mm, y tras la ingesta de alcohol etílico en concentraciones $\leq 0,25$ mg/L en aire espirado: 5,03 mm con

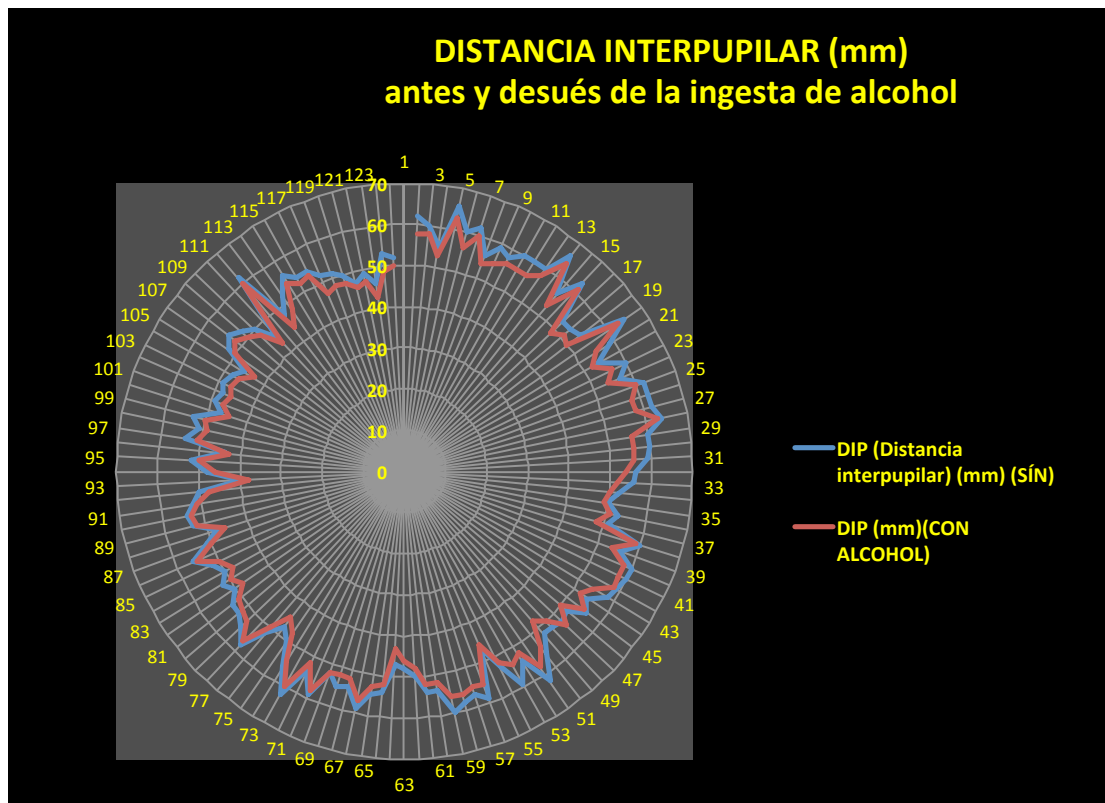
una DT de $\pm 0,76$ mm, de un incremento del diámetro pupilar en AO en toda la muestra a estudio de 1,15 mm con una DT de $\pm 0,70$ mm tras la ingesta de etanol (Tabla 59) (Gráficas 27 y 28).

GRÁFICA 28 “DIÁMETROS PUPILARES DEL OD Y OI ANTES Y DESPUÉS DE LA INGESTA DE ALCOHOL”



Gráfica 28. Diámetros pupilares: OD y OI sin y con alcohol (N=123)

GRÁFICA 29 “DISTANCIA INTERPUPILAR ANTES Y DESPUÉS DE LA
INGESTA DE ALCOHOL”



Gráfica 29. Distancia interpupilar antes y después del alcohol (N=123)

DIFERENCIAS DE DIÁMETROS PUPILARES POR EDAD (TABLA 60)

Descriptivos							
	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	confianza para la media		
					Límite inferior	Límite superior	
INGESTA ALCOHOL (mL) (En función del peso y sexo)	ED <= 24	39	233,474	56,9747	9,1233	215,005	251,943
	ED 25 - 39	56	283,929	74,0947	9,9013	264,086	303,772
	ED >= 40	28	275,901	70,3389	13,2928	248,626	303,175
	Total	123	266,104	71,3392	6,4324	253,370	278,837
Diámetro Pupilar 1 (mm) Diferencia OD	ED <= 24	39	1,154	,4610	,0738	1,004	1,303
	ED 25 - 39	56	1,250	,5394	,0721	1,106	1,394
	ED >= 40	28	1,107	,5333	,1008	,900	1,314
	Total	123	1,187	,5137	,0463	1,095	1,279
Diámetro Pupilar 2 (mm) Diferencia OI	ED <= 24	39	1,179	,4514	,0723	1,033	1,326
	ED 25 - 39	56	1,250	,5394	,0721	1,106	1,394
	ED >= 40	28	1,036	,4288	,0810	,869	1,202
	Total	123	1,179	,4923	,0444	1,091	1,267
Diámetro Pupilar 3 (mm) Diferencia AO	ED <= 24	36	1,167	,4629	,0772	1,010	1,323
	ED 25 - 39	54	1,269	,5383	,0733	1,122	1,415
	ED >= 40	24	,979	,4032	,0823	,809	1,149
	Total	114	1,175	,4977	,0466	1,083	1,268

ANOVA						
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
INGESTA ALCOHOL (mL) (En función del peso y sexo)	Entre grupos	62003,411	2	31001,706	6,656	,002
	Dentro de grupos	558888,088	120	4657,401		
	Total	620891,500	122			
Diámetro Pupilar 1 (mm) Diferencia OD	Entre grupos	,444	2	,222	,838	,435
	Dentro de grupos	31,755	120	,265		
	Total	32,199	122			
Diámetro Pupilar 2 (mm) Diferencia OI	Entre grupos	,857	2	,429	1,791	,171
	Dentro de grupos	28,708	120	,239		
	Total	29,565	122			
Diámetro Pupilar 3 (mm) Diferencia AO	Entre grupos	1,395	2	,698	2,911	,059
	Dentro de grupos	26,596	111	,240		
	Total	27,991	113			

Tabla 60. Diferencias de diámetros pupilares por edad

A continuación se realiza una comparación de más de 2 medias paramétricas, mediante el test de ANOVA existe una diferencia estadística entre grupos:

- ✓ **Tendente a la significancia estadística ($p < 0,10$)** entre las medias de las variables de Diferencia de Diámetro Pupilar por edades ($p = 0,059$) después de la ingesta de alcohol etílico.

Pruebas post hoc

Subconjuntos homogéneos

Diámetro Pupilar 3 (mm) Diferencia AO

Duncan_{a,b}

EDAD3	N	0.05	
		1	2
ED >= 40	24	,979	
ED <= 24	36	1,167	1,167
ED 25 - 39	54		1,269
Sig.		,117	,392

Tabla 61. Diferencias de diámetros pupilares AO por edad

Para identificar qué grupos son diferentes o similares en contrastes paramétricos de más de 2 grupos, se realiza el **test de pruebas post-hoc**, en concreto el **test de Duncan** para analizar si la diferencia mínima cambia entre los pasos, es decir analizar los tramos o subgrupos par ver si existe diferencia estadística; según el Test de Duncan existe una diferencia estadística en:

- ✓ El diámetro pupilar de AO antes y después de la ingesta de alcohol, siendo, la media de las variables de las Diferencias menor en edades **≥ 40 años** (**$0,979 \pm 0,403$ DT**) tras la ingesta de alcohol etílico, lo que corresponde con un **menor tamaño del diámetro pupilar** en este rango de edad, frente a un **aumento** más notable del diámetro pupilar en edades ≤ 39 años (entre 18 y 39 años) ($1,167 \pm 0,463$ DT y $1,269 \pm 0,538$ DT).
- ✓ Se observa una media menor en el diámetro pupilar tanto monocular como binocular, tras la ingesta de etanol, en concentraciones $\leq 0,25$ mg/L en aire espirado en edades ≥ 40 años (TABLA 60 y 61) que en el resto de rango de edades.

TIPO DE PUPILAS

Después del alcohol el tipo de pupilas, tras examinar todos los casos a estudios es:

- 74% pupilas isocóricas
- 7% pupilas anisocóricas
- 12% pupilas mióticas
- 7% pupilas midriáticas

Para identificar qué grupos son diferentes o similares en contrastes paramétricos de más de 2 grupos, se realiza el **test de pruebas post-hoc**, en concreto el **test de Duncan** para analizar si la diferencia mínima cambia entre los pasos, es decir analizar los tramos o subgrupos par ver si existe diferencia estadística; según el Test de Duncan existe una diferencia estadística:

Descriptivos						
		N	Media	Desviación estándar	Error estándar	confianza para la
						L mite inferior L mite superior
AV (C) 2 Diferencia OI	ANISOCORICAS	9	,056	,1130	,0377	-,031 ,142
	ISOCORICAS	91	,024	,0935	,0098	,005 ,044
	M DRIATICAS/IS	9	,078	,0972	,0324	,003 ,152
	MIOTICAS/IS	14	-,007	,0917	,0245	-,060 ,046
	Total	123	,027	,0959	,0086	,010 ,044

AV (C) 2 Diferencia OI

Duncan_{a,b}

		Subconjunto para alfa = 0 05	
PUPILAS	N	1	2
MIÓTICAS/IS	14	-,007	
ISOCORICAS	91	,024	,024
ANISOCORICAS	9	,056	,056
MIDRIATICAS/IS	9		,078
Sig.		,113	,176

Tabla 62. Diferencia de AV de cerca del OI según tipo pupilas

- ✓ La media negativa de las variables de Diferencia entre el tipo de pupilas mióticas ($-0,07 \pm 0,092$ DT), corresponde a una **mejora de la AV** en las pupilas mióticas-isocóricas tras la ingesta de etanol en concentraciones $\leq 0,25$ mg/L en aire espirado.

- ✓ Las pupilas midriáticas-isocóricas ven peor tras la ingesta de etanol en concentraciones $\leq 0,25$ mg/L en aire espirado.

RESPUESTA PUPILAR

Tras examinar el procesamiento de todos los casos a estudio, el resultado de la respuesta pupilar tras el alcohol, según el test de ANOVA y el **test de pruebas post-hoc** es el siguiente:

REACCIÓN PUPILAR (CON ALCOHOL) (TABLA XXXV)

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
MAS LENTAS A LA LUZ	122	99,2	99,2	99,2
MAS LENTAS A LA LUZ_LIGERA EXF EN AO POR LA Qx ESTRABISMO. SE ACUSA MÁS CON EL ALCOHOL	1	,8	,8	100,0
Total	123	100,0	100,0	

Tabla 63. Respuesta pupilar tras la ingesta de alcohol (N=123)

Pruebas post hoc

Subconjuntos homogéneos

INGESTAALCOHOLmLEnfuncióndelpesoysesex **INGESTAALCOHOL (mL) (En función del peso y sexo)**

Duncan_{a,b}

PUPILAS (CON ALCOHOL)	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
ANISOCÓRICAS. MIDRIÁTICAS, VIDRIOSAS MUY ROJOS	7	226,714	
MIDRIÁTICAS, VIDRIOSAS MUY ROJOS	108	266,350	266,350
MIDRIÁTICAS, VIDRIOSAS MUY ROJOS. FOTOFobia	8		297,250
Sig.		,196	,312

Tabla 64. Signos pupilas con alcohol

- ✓ Reaccionan mas lenta en un 99% de la muestra a estudio ante un estímulo de luz.
- ✓ Midriáticas en un 100% de la MG.
- ✓ Irritación y sufusión conjuntival de leve en un 100% de la MG.

- **ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD DE REACCIÓN**

A continuación estudiamos las diferencias que presenta una variable numérica entre dos grupos: el alcohol étílico y el tiempo de reacción para determinar si existe una alteración del mismo bajo los efectos del alcohol, para contrastar si las diferencias numéricas obtenidas al comparar dos tratamientos (SIN ALCOHOL Y CON ALCOHOL) son lo suficientemente grandes como para que su única causa sea atribuible al azar.

Para ello clasificaremos el estudio en dos clases:

- Muestras apareadas o relacionadas
- Muestras independientes

Se realiza una estudio comparativo paramétrico para dos medias longitudinales (EL ANTES Y EL DESPUÉS), una en estado basal (0.00mg/L en aire espirado) y otra tras la ingesta de alcohol étílico (en función del sexo y peso) en concentraciones a distintas medidas, realizadas a distintos tiempos: 15, 30, 40, 50 y 60 minutos respectivamente (fase de absorción hasta la fase de distribución del alcohol en sangre).

En los contrastes con muestras apareadas, la hipótesis nula es que el tratamiento no presenta efecto, frente a la hipótesis alternativa de que sí hay diferencia. Como en todo contraste de hipótesis, se declara que el efecto es estadísticamente significativo si la significación calculada es inferior a cierta cantidad pequeña (5% ó 1% típicamente).

Los contrastes se han realizado calculando las diferencias existentes entre cada observación de un grupo y la observación asociada en el segundo. Si las mencionadas diferencias tienen una distribución aproximadamente normal o bien la muestra es grande, para lo que se ha utilizado la **t-student para muestras apareadas**, así como se ha realizado una

comparación de más de 2 medias paramétricas, mediante el test de ANOVA para determinar si existe una diferencia estadística entre grupos. Para identificar qué grupos son diferentes o similares en contrastes paramétricos de más de 2 grupos, se realiza el **test de pruebas post-hoc**, en concreto el **test de Duncan** para analizar si la diferencia mínima cambia entre los pasos, es decir, analizar los tramos o subgrupos par ver si existen diferencias estadísticas.

PRUEBA DE MUESTRAS EMPAREJADAS MG (TABLA 65)

Prueba T

Estadísticas de muestras emparejadas				
	Media	N	Desviación estándar	Media de error estándar
Par 1 TIEMPO REACCIÓN (1) (s) (CON ALCOHOL)	1,7387	46	3,30715	,48761
TIEMPO REACCIÓN (1) (s) (SIN)	4,0943	46	10,62048	1,56590
Par 2 DISTANCIA REACCIÓN (1) (m) (CON ALCOHOL)	45,7885	46	22,48545	3,31530
DISTANCIA REACCIÓN (1) (m) (SIN)	62,2439	46	51,66498	7,61759
Par 3 DISTANCIA FRENADO(1) (m) (CON ALCOHOL)	71,8130	37	36,45944	5,99389
DISTANCIA FRENADO(1) (m) (SIN)	56,0651	37	40,37924	6,63831
Par 4 DISTANCIA PARADA (1) (m) (CON ALCOHOL)	121,8781	37	36,66695	6,02801
DISTANCIA PARADA (1) (m) (SIN)	119,9862	37	56,05003	9,21457
Par 5 DISTANCIA PARA PARARSE (1) (m) (CON ALCOHOL)	10,1848	33	21,57957	3,75652
DISTANCIA PARA PARARSE (1) (m) (SIN)	10,0309	33	17,69080	3,07957

Tabla 65. Prueba de muestras emparejadas MG

Tras examinar los resultados obtenidos en las distintas pruebas de conducción realizadas con el simulador de conducción de vehículos a motor

y una vez analizada la MG en los distintos recorridos por los escenarios de Autopista, se observa que:

- ✓ La media del tiempo de reacción CON ALCOHOL en la MG es menor ($1,74s \pm 3,31$ DT) que la media del tiempo de reacción SIN ALCOHOL ($4,09s \pm 10,62$ DT).
- ✓ La media de la distancia de frenado CON EL ALCOHOL en la MG es mayor ($71,81m \pm 36,46$ DT) que la media de distancia de frenado SIN ALCOHOL ($56,07 m \pm 40,38$ DT).

DISTANCIA DE REACCIÓN Y DISTANCIA DE FRENADO (TABLA 66)

Prueba de muestras emparejadas									
	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)	
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia					
				Inferior	Superior				
Par 2	DISTANCIA REACCIÓN (1) (m) (CON ALCOHOL) - DISTANCIA REACCIÓN (1) (m) (SIN)	-16,45543	55,96389	8,25143	-33,07466	,16379	-1,994	45	.052
Par 3	DISTANCIA FRENADO(1) (m) (CON ALCOHOL) - DISTANCIA FRENADO(1) (m) (SIN)	15,74784	32,41887	5,32963	4,93885	26,55683	2,955	36	.005

Tabla 66. Prueba de muestras emparejadas. Distancia de reacción y distancia de frenado

Se realiza un estudio estadístico de pruebas emparejadas, obteniendo estadísticamente un resultado:

- ✓ **Muy significativo ($p < 0,01$)** con una $p = 0,005$ en la distancia de frenado CON ALCOHOL, es decir, existe un **aumento muy significativo de la distancia de frenado después de la ingesta de alcohol etílico**, con un error menor de un 1%, lo que supone que sea altamente significativo a nivel global, ya que las diferencias son de mas de un 99% de confianza.

- ✓ **Tendente a la significancia ($p > 0,05$)** con una $p = 0,052$ en la distancia de reacción CON ALCOHOL a diferencia de SIN ALCOHOL, es decir, existe una **disminución tendente a la significancia de la distancia de reacción después de la ingesta de alcohol etílico**, con un error menor de un 5,2 %, lo que supone que sea significativo a nivel global, ya que las diferencias son de mas de un 94,8% de confianza.

DIFERENCIAS TIEMPO DE REACCIÓN-DISTANCIA DE FRENADA (TABLA 67)

	Estadísticos		Media	Error estándar de la media	Mediana	Desviación estándar
	N					
	Válido	Perdidos				
TIEMPO REACCIÓN(1)(s) (SIN)	123	0	,74	,02	,72	,19
VELOCIDAD (1)(Km/h) (S N)	123	0	93,07	,39	94,67	4,32
DISTANCIA PARADA (1)(m) (SIN)	123	0	58,98	,81	57,97	8,96
DISTANCIA REACCIÓN (1)(m) (S N)	123	0	19,33	,45	19,04	5,05
DISTANCIA FRENADO (1)(m) (SIN)	123	0	39,50	,55	38,49	6,06
TIEMPO REACCIÓN(1)(s) (CON ALCOHOL)	123	0	,69	,03	,62	,35
VELOCIDAD (1)(Km/h) (CON ALCOHOL)	123	0	92,65	,53	94,67	5,83
DISTANCIA PARADA (1)(m) (CON ALCOHOL)	123	0	57,80	1,01	55,32	11,21
DISTANCIA REACCIÓN (1)(m) (CON ALCOHOL)	123	0	17,79	,67	16,11	7,42
DISTANCIA FRENADO (1)(m) (CON ALCOHOL)	123	0	39,94	,76	38,91	8,44
TIEMPO REACCIÓN(2)(s) (SIN)	123	0	,64	,01	,62	,14
VELOCIDAD (2)(Km/h) (S N)	123	0	92,44	,35	94,50	3,84
DISTANCIA PARADA (2)(m) (SIN)	123	0	54,36	,36	54,64	4,01
DISTANCIA REACCIÓN (2)(m) (S N)	123	0	16,44	,33	16,32	3,62
DISTANCIA FRENADO (2)(m) (SIN)	123	0	38,17	,27	38,42	3,02
TIEMPO REACCIÓN (2)(s) (CON ALCOHOL)	123	0	,63	,02	,58	,28
VELOCIDAD (2)(Km/h) (CON ALCOHOL)	123	0	92,83	,46	94,67	5,07
DISTANCIA PARADA (2)(m) (CON ALCOHOL)	123	0	55,02	,87	54,14	9,65
DISTANCIA REACCIÓN (2)(m) (CON ALCOHOL)	123	0	16,32	,66	15,34	7,29
DISTANCIA FRENADO(2)(m) (CON ALCOHOL)	123	0	38,91	,39	39,21	4,28
TIEMPO REACCIÓN(3)(s) (SIN)	80	43	,61	,02	,58	,14
VELOCIDAD (3)(Km/h) (S N)	80	43	92,37	,59	94,33	5,29
DISTANCIA PARADA (3)(m) (SIN)	80	43	53,72	,70	53,73	6,29
DISTANCIA REACCIÓN (3)(m) (S N)	80	43	16,74	1,07	15,28	9,59
DISTANCIA FRENADO (3)(m) (SIN)	80	43	38,67	,37	38,76	3,28
TIEMPO REACCIÓN (3)(s) (CON ALCOHOL)	82	41	,60	,02	,57	,19
VELOCIDAD (3)(Km/h) (CON ALCOHOL)	82	41	93,50	,33	94,91	2,97
DISTANCIA PARADA (3)(m) (CON ALCOHOL)	82	41	54,71	,72	53,97	6,56
DISTANCIA REACCIÓN (3)(m) (CON ALCOHOL)	82	41	15,70	,56	14,98	5,04
DISTANCIA FRENADO (3)(m) (CON ALCOHOL)	82	41	39,29	,39	39,13	3,57

Tabla 67. Diferencias de Tiempo de reacción, Distancia de Frenado y Distancia de Reacción

Tras examinar los resultados obtenidos en las distintas pruebas de conducción realizadas con el simulador de conducción de vehículos a motor y una vez analizada la MG (Tabla 67) en los distintos recorridos por los escenarios de Frenado Impuesto, se puede apreciar que el tiempo de reacción en las tres pruebas realizadas bajo la ingesta de alcohol (CON ALCOHOL) es menor que el tiempo de reacción en estado basal (SIN ALCOHOL), así como la distancia de frenado aumenta con alcohol, es decir recorren más metros para parar el vehículo bajo los efectos del alcohol que sin alcohol.

La media del tiempo de reacción, la media de distancia de reacción y la media de distancia de frenada en las tres pruebas realizadas CON ALCOHOL y SIN ALCOHOL son las siguientes:

MEDIAS TIEMPO Y DISTANCIA DE REACCIÓN-DISTANCIA DE FRENADA CON Y SIN ALCOHOL (TABLA 68)

	CON ALCOHOL	SIN ALCOHOL
TIEMPO REACCIÓN (s)	0,64 ± 0,27 DT	0,66 ± 0,16 DT
DISTANCIA REACCIÓN (m)	16,60 ± 6,59 DT	17,50 ± 6,09 DT
DISTANCIA FRENADA (m)	39,38 ± 5,43 DT	38,78 ± 4,12 DT

Tabla 68. Medias de Tiempo de Reacción, Distancia de Reacción y Distancia de Frenado

- ✓ La media del **tiempo de reacción CON ALCOHOL** en la MG, de las tres pruebas realizadas, **es menor** (0,64 s ± 0,27 s DT) que la media del **tiempo de reacción SIN ALCOHOL**, de las tres pruebas realizadas (0,66 s ± 0,16 s DT).
- ✓ La media de la **distancia de reacción CON ALCOHOL** en la MG, de las tres pruebas realizadas, **es menor** (16,60 m ± 6,59 m DT) que la media de la **distancia de reacción SIN ALCOHOL**, de las tres pruebas realizadas (17,50 s ± 6,09 s DT).
- ✓ La media de la **distancia de frenado CON EL ALCOHOL**, de las tres pruebas realizadas, **es mayor** (39,38 m ± 5,43 m DT) que la media de distancia de frenado SIN ALCOHOL (38,78 m ± 4,12 m DT).

Se realizan pruebas de rango no paramétricas para comparar la mediana de dos muestra relacionadas y determinar si existen diferencias entre ellas, para ello se utiliza la prueba de rangos con signos de **Wilcoxon** como equivalente no paramétrico del test **t de student** para la comparación de medias de dos distribuciones, para lo que se exige que las distribuciones muestrales tengan la misma forma, es decir, comparar dos muestras relacionadas para analizar datos obtenidos mediante el diseño antes-después.

Prueba de Wilcoxon (TABLA 69)

Estadísticos de prueba		
	Z	Sig. asintótica (bilateral)
TIEMPO REACCION(1)(s) (CON ALCOHOL) - TIEMPO REACCIÓN(1)(s) (SIN)	-3,993	,000
VELOCIDAD (1)(Km/h) (CON ALCOHOL) - VELOCIDAD (1)(Km/h) (SIN)	-,461	,645
DISTANCIA PARADA (1)(m) (CON ALCOHOL) - DISTANCIA PARADA (1)(m) (SIN)	-1,945	,052
DISTANCIA REACCIÓN (1)(m) (CON ALCOHOL) - DISTANCIA REACCIÓN (1)(m) (SIN)	-4,040	,000
DISTANCIA FRENADO (1)(m) (CON ALCOHOL) - DISTANCIA FRENADO (1)(m) (SIN)	-2,066	,039
TIEMPO REACCIÓN (2)(s) (CON ALCOHOL) - TIEMPO REACCIÓN(2)(s) (SIN)	-3,277	,001
VELOCIDAD (2)(Km/h) (CON ALCOHOL) - VELOCIDAD (2)(Km/h) (SIN)	-1,301	,193
DISTANCIA PARADA (2)(m) (CON ALCOHOL) - DISTANCIA PARADA (2)(m) (SIN)	-,728	,467
DISTANCIA REACCIÓN (2)(m) (CON ALCOHOL) - DISTANCIA REACCIÓN (2)(m) (SIN)	-3,079	,002
DISTANCIA FRENADO(2)(m) (CON ALCOHOL) - DISTANCIA FRENADO (2)(m) (SIN)	-2,477	,013
TIEMPO REACCIÓN (3)(s) (CON ALCOHOL) - TIEMPO REACCIÓN(3)(s) (SIN)	-1,089	,276
VELOCIDAD (3)(Km/h) (CON ALCOHOL) - VELOCIDAD (3)(Km/h) (SIN)	-1,476	,140
DISTANCIA PARADA (3)(m) (CON ALCOHOL) - DISTANCIA PARADA (3)(m) (SIN)	-1,061	,289
DISTANCIA REACCION (3)(m) (CON ALCOHOL) - DISTANCIA REACCIÓN (3)(m) (SIN)	-,660	,509
DISTANCIA FRENADO (3)(m) (CON ALCOHOL) - DISTANCIA FRENADO (3)(m) (SIN)	-1,732	,083

Tabla 69. Estadísticos de prueba de Wilcoxon. Tiempo de reacción, Distancia de reacción y Distancia de Frenado CON Y SIN ALOCHOL

Tras examinar el procesamiento de todos los casos a estudio (N=123), en cuanto a la capacidad de reacción aplicando la prueba de Wilcoxon, se obtienen diferencias estadísticas:

- ✓ **muy significativas ($p < 0,01$)** en la distancia de frenado CON ALCOHOL ($z = -2,477$, $p = 0,013$) (TABLA 69), es decir, existe un **aumento muy significativo de la distancia de frenado después de la ingesta de alcohol etílico**, con un error menor de un 1%, lo que supone que sea

altamente significativo a nivel global, ya que las diferencias son de mas de un 99% de confianza.

- ✓ **altamente significativas ($p < 0,001$)** en el tiempo de reacción CON ALCOHOL ($z = -3,993$, $p = 0,000$) y la distancia de reacción ($z = -4,040$, $p = 0,000$), es decir, existe una **disminución altamente significativa del tiempo de reacción y la distancia de reacción después de la ingesta de alcohol etílico**, con un error menor de un 0,1%, lo que supone que sea altamente significativo a nivel global, ya que las diferencias son de mas de un 99,9% de confianza frente al tiempo de reacción y la distancia de reacción sin alcohol (en estado basal).

DIFERENCIAS POR ESTÍMULOS: CONOS, STOP Y SEMÁFORO

Tras estudiar los resultados obtenidos aplicando la prueba de Wilcoxon, se procede a analizar la capacidad de reacción por estímulos inesperados de manera aleatoria ante la aparición de *conos*, *stop* o *semáforo*, para lo que se utiliza la **t-student para muestras apareadas**.

PRUEBA T STUDENT – REACCIÓN DE FRENADA POR ESTÍMULOS: CONOS, STOP Y SEMÁFORO (TABLA 70)

Prueba T

Estadísticas de muestras emparejadas				
	Media	N	Desviación estándar	Media de error estándar
TIEMPOREACCION CON mean	0,644	123	0,182	0,016
TIEMPOREACCION SIN mean	0,667	123	0,136	0,012
VELOCIDAD_CON_mean	92,912	123	3,175	0,286
VELOCIDAD_SIN_mean	92,688	123	2,426	0,219
DISTANCIAPARADA_CON_mean	56,042	123	6,846	0,617
DISTANCIAPARADA_SIN_mean	56,004	123	4,985	0,449
DISTANCIAREACCION_CON_mean	16,669	123	4,474	0,403
DISTANCIAREACCION_SIN_mean	17,524	123	4,281	0,386
DISTANCIAFRENADO CON mean	39,489	123	4,278	0,386
DISTANCIAFRENADO SIN mean	38,904	123	3,164	0,285
TIEMPOREACCION CON CONOS mean	0,637	122	0,164	0,015
TIEMPOREACCION SIN CONOS mean	0,677	122	0,140	0,013
VELOCIDAD_CON_CONOS_mean	93,082	122	2,993	0,271
VELOCIDAD_SIN_CONOS_mean	92,664	122	2,896	0,262
DISTANCIAPARADA_CON_CONOS_mean	56,292	122	7,293	0,660
DISTANCIAPARADA_SIN_CONOS_mean	56,260	122	5,534	0,501
DISTANCIAREACCION_CON_CONOS_mean	16,603	122	4,375	0,396
DISTANCIAREACCION_SIN_CONOS_mean	17,778	122	4,368	0,395
DISTANCIAFRENADO CON CONOS mean	39,776	122	4,350	0,394
DISTANCIAFRENADO SIN CONOS mean	38,938	122	3,769	0,341
TIEMPOREACCION CON STOP mean	0,809	16	0,796	0,199
TIEMPOREACCION SIN STOP mean	0,636	16	0,153	0,038
VELOCIDAD_CON_STOP_mean	93,164	16	2,529	0,632
VELOCIDAD_SIN_STOP_mean	93,102	16	2,818	0,705
DISTANCIAPARADA_CON_STOP_mean	55,338	16	7,640	1,910
DISTANCIAPARADA_SIN_STOP_mean	54,418	16	4,145	1,036
DISTANCIAREACCION_CON_STOP_mean	19,484	16	14,567	3,642
DISTANCIAREACCION_SIN_STOP_mean	16,534	16	3,937	0,984
DISTANCIAFRENADO CON STOP mean	36,167	16	8,616	2,154
DISTANCIAFRENADO SIN STOP mean	37,887	16	1,486	0,371
TIEMPOREACCION CON SEMAFORO mean	0,617	18	0,144	0,034
TIEMPOREACCION SIN SEMAFORO mean	0,734	18	0,247	0,058
VELOCIDAD_CON_SEMAFORO_mean	93,232	18	2,715	0,640
VELOCIDAD_SIN_SEMAFORO_mean	92,278	18	4,977	1,173
DISTANCIAPARADA_CON_SEMAFORO_mean	55,347	18	3,915	0,923
DISTANCIAPARADA_SIN_SEMAFORO_mean	58,167	18	8,055	1,899
DISTANCIAREACCION_CON_SEMAFORO_mean	16,069	18	3,621	0,853
DISTANCIAREACCION_SIN_SEMAFORO_mean	19,156	18	6,655	1,569
DISTANCIAFRENADO CON SEMAFORO mean	39,278	18	2,642	0,623
DISTANCIAFRENADO SIN SEMAFORO mean	39,068	18	4,550	1,073

Tabla 70. Prueba T Student. Reacción de Frenada por estímulos: CONOS, STOP Y SEMÁFORO

MEDIA TIEMPO DE REACCIÓN CON Y SIN ALCOHOL POR ESTÍMULOS (TABLA 71)

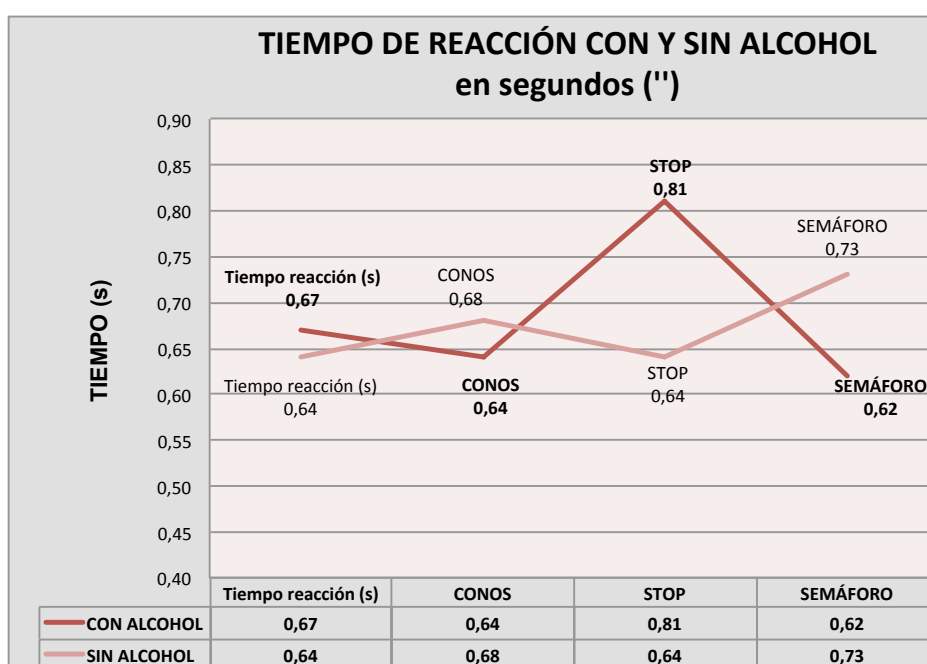
	MEDIA TIEMPO DE REACCION CON ALCOHOL	MEDIA TIEMPO DE REACCION SIN ALCOHOL
	0,64 s (±0,18 DT)	0,67s (±0,14 DT)
CONOS	0,64s (±0,16 DT)	0,68s (±0,14 DT)
STOP	0,81s (±0,80 DT)	0,64s (±0,15 DT)
SEMÁFORO	0,62s (±0,14 DT)	0,73s (±0,25 DT)

Tabla 71. Media Tiempo de reacción por estímulos CON y SIN ALCOHOL

Según la aparición de estímulos en la prueba de frenado impuesto, se aprecia (tabla 70 y 71) que las medias del tiempo de reacción son menores

bajo los efectos del alcohol cuando los estímulos son los CONOS y el SEMÁFORO, observando un aumento en el tiempo reacción bajo los efectos del alcohol cuando el estímulo es el STOP.

GRÁFICA 30. TIEMPO DE REACCIÓN CON Y SIN ALCOHOL POR ESTÍMULOS: CONOS, STOP Y SEMÁFORO



Gráfica 30. Tiempo de Reacción CON Y SIN ALCOHOL por estímulos: CONOS, STOP Y SEMÁFORO.

En lo referente a la distancia de frenado, existe un aumento bastante notable bajo los efectos del alcohol a pesar de haber un descenso del tiempo de reacción con alcohol, lo que hace suponer que la capacidad para reaccionar de forma rápida y eficaz ante un hecho imprevisto – “reflejos” – no se ven alterados aunque sí la capacidad de precisión a la hora de calcular la distancia del obstáculo para frenar el vehículo sin colisionar.

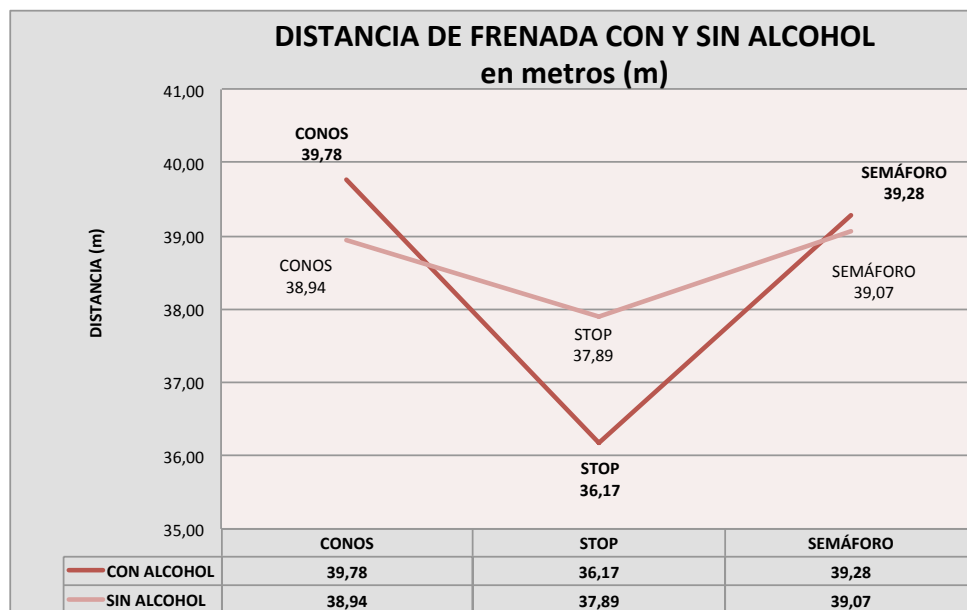
MEDIA DISTANCIA DE FRENADO CON Y SIN ALCOHOL POR ESTÍMULOS:
CONOS, STOP Y SEMÁFORO (TABLA 72)

	MEDIA DISTANCIA DE FRENADO CON ALCOHOL	MEDIA DISTANCIA DE FRENADO SIN ALCOHOL
	39,49m ($\pm 4,28$ DT)	38,90m ($\pm 3,16$ DT)
CONOS	39,78m ($\pm 4,35$ DT)	38,94m ($\pm 3,77$ DT)
STOP	36,17m ($\pm 8,62$ DT)	37,89m ($\pm 1,49$ DT)
SEMÁFORO	39,28m ($\pm 2,64$ DT)	39,07m ($\pm 4,55$ DT)

Tabla 72. Media Distancia de Frenado CON Y SIN ALCOHOL por estímulos:

CONOS, STOP Y SEMÁFORO

GRÁFICA 31. DISTANCIA DE FRENADO CON Y SIN ALCOHOL POR
ESTÍMULOS: CONOS, STOP Y SEMÁFORO



Gráfica 31. Distancia de Frenado CON Y SIN ALCOHOL por estímulos: CONOS, STOP Y SEMÁFORO

Los contrastes se han realizado calculando las diferencias existentes entre cada observación de un grupo y la observación asociada en el

segundo. Si las mencionadas diferencias tienen una distribución aproximadamente normal o bien la muestra es grande, para lo que se ha utilizado la **t-student para muestras apareadas**.

PRUEBA MUESTRAS EMPAREJADAS (TABLA 73)

Prueba de muestras emparejadas								
	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	confianza de la				
				Inferior	Superior			
TEMPOREACCION_CON_mean - TEMPOREACCION_S_N_mean	-,02272	,18285	,01649	-,05536	,00991	-1,378	122	,171
VELOCIDAD_CON_mean - VELOCIDAD_S_N_mean	,22417	3,95009	,35617	-,48090	,92924	,629	122	,530
DISTANCIAPARADA_CON_mean - DISTANCIAPARADA_S_N_mean	,03836	7,46320	,67293	-1,29378	1,37050	,057	122	,955
DISTANCIAREACCION CON mean - DISTANCIAREACCION SIN mean	-,85478	5,18842	,46782	-1,78089	,07132	-1,827	122	,070
DISTANCIAFRENADO_CON_mean - DISTANCIAFRENADO_S_N_mean	,58427	5,27976	,47606	-,35813	1,52668	1,227	122	,222
TIEMPOREACCION CON CONOS mean - TIEMPOREACCION SIN CONOS mean	-,04015	,16948	,01534	-,07053	-,00977	-2,617	121	,010
VELOCIDAD_CON_CONOS_mean - VELOCIDAD_SIN_CONOS_mean	,41795	3,98702	,36097	-,29668	1,13258	1,158	121	,249
DISTANCIAPARADA_CON_CONOS_mean - DISTANCIAPARADA_S_N_CONOS_mean	,03214	7,80484	,70662	-1,36679	1,43108	,045	121	,964
DISTANCIAREACCION CON CONOS mean - DISTANCIAREACCION SIN CONOS mean	-1,17527	5,17147	,46820	-2,10220	-,24834	-2,510	121	,013
DISTANCIAFRENADO_CON_CONOS_mean - DISTANCIAFRENADO_S_N_CONOS_mean	,83783	5,64107	,51072	-,17327	1,84894	1,640	121	,103
TEMPOREACCION_CON_STOP_mean - TEMPOREACCION_S_N_STOP_mean	,17375	,77906	,19476	-,24138	,58888	,892	15	,386
VELOCIDAD_CON_STOP_mean - VELOCIDAD_SIN_STOP_mean	,06250	3,87139	,96785	-2,00042	2,12542	,065	15	,949
DISTANCIAPARADA_CON_STOP_mean - DISTANCIAPARADA_S_N_STOP_mean	,92031	7,68588	1,92147	-3,17520	5,01583	,479	15	,639
DISTANCIAREACCION_CON_STOP_mean - DISTANCIAREACCION SIN_STOP_mean	2,94969	14,15707	3,53927	-4,59408	10,49346	,833	15	,418
DISTANCIAFRENADO_CON_STOP_mean - DISTANCIAFRENADO_S_N_STOP_mean	-1,72063	8,31631	2,07908	-6,15207	2,71082	-,828	15	,421
TIEMPOREACCION CON SEMAFORO mean - TIEMPOREACCION SIN SEMAFORO mean	-,11667	,20193	,04760	-,21709	-,01625	-2,451	17	,025
VELOCIDAD_CON_SEMAFORO_mean - VELOCIDAD_SIN_SEMAFORO_mean	,95333	6,23363	1,46928	-2,14658	4,05324	,649	17	,525
DISTANCIAPARADA_CON_SEMAFORO_mean - DISTANCIAPARADA_SIN_SEMAFORO_mean	-2,81944	7,49146	1,76575	-6,54486	,90597	-1,597	17	,129
DISTANCIAREACCION CON SEMAFORO mean - DISTANCIAREACCION SIN SEMAFORO mean	-3,08611	5,33707	1,25796	-5,74017	-,43205	-2,453	17	,025
DISTANCIAFRENADO_CON_SEMAFORO_mean - DISTANCIAFRENADO_S_N_SEMAFORO_mean	,21028	5,48079	1,29184	-2,51526	2,93581	,163	17	,873

Tabla 73. Prueba de muestras emparejadas según estímulos

Según la prueba de muestras emparejadas (Tabla 72) se aprecia que persisten unas medias negativas en dos de los tres estímulos (CONOS Y SEMÁFOR, siendo las medias emparejadas del estímulo de STOP positivas. En este caso el estudio no ha encontrado que varíe de forma estadísticamente significativa, por lo que tras la ingesta de alcohol en la MG (N= 123) en la prueba de frenado impuesto por estímulo, existe una diferencia estadística:

- ✓ **muy significativa ($p<0,01$)** entre las medias de las variables de Diferencias Emparejadas con CONOS ($p=0,013$) después de la ingesta de alcohol etílico, indicativo de una **disminución del tiempo de reacción**.
- ✓ **significativa ($p<0,05$)** entre las medias de las variables de Diferencia de Emparejadas con SEMAFORO ($p=0,025$) después de la ingesta de alcohol etílico, indicativo de una **disminución del tiempo de reacción**.

Prueba de Wilcoxon

Estadísticos de prueba		
	Z	Sig. asintótica (bilateral)
TIEMPOREACCION_CON_mean - TIEMPOREACCION_SIN_mean	-3,551	,000
VELOCIDAD_CON_mean - VELOCIDAD_SIN_mean	-1,396	,163
DISTANCIAPARADA_CON_mean - DISTANCIAPARADA_SIN_mean	-,998	,318
DISTANCIAREACCION_CON_mean - DISTANCIAREACCION_SIN_mean	-3,482	,000
DISTANCIAFRENADO_CON_mean - DISTANCIAFRENADO_SIN_mean	-2,197	,028
TIEMPOREACCION_CON_CONOS_mean - TIEMPOREACCION_SIN_CONOS_mean	-4,112	,000
VELOCIDAD_CON_CONOS_mean - VELOCIDAD_SIN_CONOS_mean	-1,579	,114
DISTANCIAPARADA_CON_CONOS_mean - DISTANCIAPARADA_SIN_CONOS_mean	-,581	,561
DISTANCIAREACCION_CON_CONOS_mean - DISTANCIAREACCION_SIN_CONOS_mean	-3,870	,000
DISTANCIAFRENADO_CON_CONOS_mean - DISTANCIAFRENADO_SIN_CONOS_mean	-2,246	,025
TIEMPOREACCION_CON_STOP_mean - TIEMPOREACCION_SIN_STOP_mean	-,543	,587
VELOCIDAD_CON_STOP_mean - VELOCIDAD_SIN_STOP_mean	-,310	,756
DISTANCIAPARADA_CON_STOP_mean - DISTANCIAPARADA_SIN_STOP_mean	-,052	,959
DISTANCIAREACCION_CON_STOP_mean - DISTANCIAREACCION_SIN_STOP_mean	-,569	,569
DISTANCIAFRENADO_CON_STOP_mean - DISTANCIAFRENADO_SIN_STOP_mean	-,388	,698
TIEMPOREACCION_CON_SEMAFORO_mean - TIEMPOREACCION_SIN_SEMAFORO_mean	-2,512	,012
VELOCIDAD_CON_SEMAFORO_mean - VELOCIDAD_SIN_SEMAFORO_mean	-,152	,879
DISTANCIAPARADA_CON_SEMAFORO_mean - DISTANCIAPARADA_SIN_SEMAFORO_mean	-1,198	,231
DISTANCIAREACCION_CON_SEMAFORO_mean - DISTANCIAREACCION_SIN_SEMAFORO_mean	-2,635	,008

Tabla 74. Estadísticos de prueba de Wilcoxon. Tiempo de reacción, Distancia de reacción y Distancia de Frenado CON Y SIN ALCOHOL, por estímulos.

Tras examinar el procesamiento de todos los casos a estudio (N=123), en cuanto a la capacidad de reacción según la aparición de estímulos aplicando la prueba de Wilcoxon, se obtienen diferencias estadísticas (TABLA 74):

- ✓ **altamente significativas ($p < 0,001$)** en el tiempo de reacción y en la distancia de reacción CON ALCOHOL ($z = -4,112, p = 0,000$; $z = -3,870, p = 0,000$) es decir, existe una **disminución altamente significativa del tiempo de reacción y la distancia de reacción cuando aparecen como estímulo en la prueba de frenado impuesto los CONOS después de la ingesta de alcohol étílico**, con un error menor de un 0,1%, lo que supone que sea altamente significativo a nivel global, ya que las diferencias son de mas de un 99,9% de confianza frente al tiempo de reacción y la distancia de reacción sin alcohol (en estado basal).

- ✓ **muy significativas ($p < 0,01$)** en el tiempo de reacción y en la distancia de reacción CON ALCOHOL ($z = -2,512, p = 0,01$; $z = -2,635, p = 0,008$), es decir, existe una **disminución muy significativas del tiempo de reacción y de la distancia de reacción cuando aparece como estímulo en la prueba de frenado impuesto el SEMÁFORO después de la ingesta de alcohol étílico**, con un error menor de un 1%, lo que supone que sea altamente significativo a nivel global, ya que las diferencias son de mas de un 99% de confianza.

- ✓ no encontrándose ninguna prueba estadísticamente significativa en las pruebas realizadas de frenado impuesto con el estímulo de STOP.

DIFERENCIAS DE TIEMPO Y DISTANCIA DE REACCIÓN EN LA MG, SEGÚN CONCENTRACIÓN DE ALCOHOL EN AIRE ESPIRADO

Para identificar qué grupos son diferentes o similares en contrastes paramétricos de más de 2 grupos, se realiza el **test de prueba post-hoc**, en concreto el **Test de Duncan** para analizar si la diferencia mínima cambia entre los pasos, es decir analizar los tramos o subgrupos para ver si existe diferencia estadística, para lo que se realiza una comparación de medias paramétricas según la concentración de alcohol en aire espirado en la MG.

COMPARACIÓN DE MEDIAS PARAMÉTRICAS (TABLA 75)

Descriptivos						
		N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media
						Límite inferior Límite superior
TIEMPOREACCION1s_DIF	<= 0.10	5	-,2440	,17111	,07652	-,4565 -,0315
	0.11-0.15	27	-,0881	,12988	,02500	-,1395 -,0368
	0.16-0.20	37	,0619	,53028	,08718	-,1149 ,2387
	0.21-0.24	40	-,0655	,30114	,04761	-,1618 ,0308
	>= 0.25	14	-,1486	,19638	,05249	-,2620 -,0352
	Total	123	-,0489	,35705	,03219	-,1126 ,0149
DISTANCIAREACCION1m_DIF	<= 0.10	5	-7,7960	4,26146	1,90578	-13,0873 -2,5047
	0.11-0.15	27	-2,2759	3,52398	,67819	-3,6700 -,8819
	0.16-0.20	37	,9789	10,38094	1,70662	-2,4823 4,4401
	0.21-0.24	40	-1,7140	7,91821	1,25198	-4,2464 ,8184
	>= 0.25	14	-3,9821	5,24270	1,40117	-7,0092 -,9551
	Total	123	-1,5327	7,89653	,71201	-2,9422 -,1232

TIEMPOREACCION1s_DIF				DISTANCIAREACCION1m_DIF			
Duncan ^{a,b}				Duncan ^{a,b}			
RangoConcentracion	N	0.05		RangoConcentracion	N	0.05	
		1	2			1	2
<= 0.10	5	-,2440		<= 0.10	5	-7,7960	
>= 0.25	14	-,1486	-,1486	>= 0.25	14	-3,9821	-3,9821
0.11-0.15	27	-,0881	-,0881	0.11-0.15	27	-2,2759	-2,2759
0.21-0.24	40	-,0655	-,0655	0.21-0.24	40	-1,7140	-1,7140
0.16-0.20	37		,0619	0.16-0.20	37		,9789
Sig.		,231	,157	Sig.		,060	,127

Tabla 75. Comparación de medias paramétricas según concentración de alcohol en aire espirado de la MG

Según el test de Duncan existe una diferencia estadística:

- La media negativa de las variables de Diferencia en el **tiempo de reacción** ($-0,088 \pm 0,129$ DT) y la **distancia de reacción** ($-2,276 \pm 3,524$ DT) en concentraciones de etanol $< 0,15$ mg/L en aire espirado, son **menores** a estas concentraciones de alcohol en aire espirado.
- Empiezan a **aumentar** a partir de **0,16 mg/L** en aire espirado de forma gradual según va en aumento la concentración de alcohol en aire espirado.

DIFERENCIAS DE TIEMPO Y DISTANCIA DE REACCIÓN SEGÚN EDAD Y CONCENTRACIÓN DE ALCOHOL EN AIRE ESPIRADO

Según el grado de concentración de alcohol en aire espirado, se estudia la media de las Diferencias del Tiempo de Reacción y Distancia de Reacción por rangos de edad: ≤ 24 años, entre 25 - 39 años, y ≥ 40 años.

▪ ≤ 24 AÑOS

Descriptivos ^a						
	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media	
					Límite inferior	Límite superior
TIEMPOREACCION1s_D F						
<= 0.10	3	-,2467	,18148	,10477	-,6975	,2041
0.11-0.15	10	-,0760	,14199	,04490	-,1776	,0256
0.16-0.20	14	,1157	,81347	,21741	-,3540	,5854
0.21-0.24	8	-,0275	,46976	,16609	-,4202	,3652
>= 0.25	4	-,1850	,09713	,04856	-,3395	-,0305
Total	39	-,0215	,53743	,08606	-,1958	,1527
DISTANCIAREACCION1m_D F						
<= 0.10	3	-6,0933	5,03449	2,90667	-18,5997	6,4130
0.11-0.15	10	-2,1200	3,93854	1,24548	-4,9375	,6975
0.16-0.20	14	1,1321	14,82679	3,96263	-7,4286	9,6929
0.21-0.24	8	-,4225	12,38783	4,37976	-10,7790	9,9340
>= 0.25	4	-5,0300	2,74388	1,37194	-9,3961	-,6639
Total	39	-1,2085	10,71753	1,71618	-4,6827	2,2658
TIEMPOREACCION2s_D F						
<= 0.10	3	,0400	,04000	,02309	-,0594	,1394
0.11-0.15	10	-,0320	,07436	,02351	-,0852	,0212
0.16-0.20	14	-,0700	,09695	,02591	-,1260	-,0140
0.21-0.24	8	-,1350	,10296	,03640	-,2211	-,0489
>= 0.25	4	,0050	,11358	,05679	-,1757	,1857
Total	39	-,0574	,10117	,01620	-,0902	-,0246
DISTANCIAREACCION2m_D F						
<= 0.10	3	1,4400	,74505	,43016	-,4108	3,2908
0.11-0.15	10	-,7790	2,08275	,65862	-2,2689	,7109
0.16-0.20	14	-1,6264	2,21782	,59274	-2,9070	-,3459
0.21-0.24	8	-3,4563	2,55937	,90487	-5,5959	-1,3166
>= 0.25	4	-,0575	3,41319	1,70660	-5,4887	5,3737
Total	39	-1,3877	2,58893	,41456	-2,2269	-,5485
TIEMPOREACCION3s_D F						
<= 0.10	2	-,1300	,09899	,07000	-1,0194	,7594
0.11-0.15	10	-,0640	,10276	,03250	-,1375	,0095
0.16-0.20	13	-,0354	,17947	,04978	-,1438	,0731
0.21-0.24	8	,0075	,08413	,02975	-,0628	,0778
>= 0.25	3	,0267	,03055	,01764	-,0492	,1026
Total	36	-,0339	,13039	,02173	-,0780	,0102
DISTANCIAREACCION3m_D F						
<= 0.10	2	-3,5150	,99702	,70500	-12,4729	5,4429
0.11-0.15	10	-1,5880	2,69889	,85346	-3,5187	,3427
0.16-0.20	13	-6,8815	22,67338	6,28846	-20,5829	6,8198
0.21-0.24	8	,4900	2,29963	,81304	-1,4325	2,4125
>= 0.25	3	,8767	,61076	,35263	-,6406	2,3939
Total	36	-2,9394	13,76541	2,29423	-7,5970	1,7181

Tabla 76. Diferencias de tiempo y distancia de reacción en ≤ 24 años y concentración de alcohol en aire espirado

En edades ≤ 24 años, se observa en la media de Diferencias del tiempo y distancia de reacción -según los rangos de concentración de alcohol en aire espirado- que en concentraciones $\leq 0,20$ mg/L de alcohol en aire espirado, las medias son negativas en las dos variables, indicativo de que existe un **disminución del tiempo de reacción** bajo los efectos del alcohol en esas concentraciones, al igual que en la distancia de reacción.

Se observa que a partir de concentraciones $> 0,20$ mg/L en aire espirado, tanto el tiempo de reacción como la distancia de reacción tienen unas medias menos negativas llegando a ser positivas, indicativo de que existe un **aumento del tiempo de reacción** y la **distancia de reacción** a partir de esas concentraciones.

TEST DE ANOVA. DIFERENCIAS DE TIEMPO Y DISTANCIA DE REACCIÓN EN ≤ 24 AÑOS (TABLA 77)

ANOVA ^a						
		cuadrados	gl	cuadrá ica	F	Sig.
TIEMPOREACCION2s_DIF	Entre	,101	4	,025	2,977	,033
	Dentro de	,288	34	,008		
	Total	,389	38			
VELOCIDAD2Kmh_DIF	Entre	25,451	4	6,363	,201	,936
	Dentro de	1074,399	34	31,600		
	Total	1099,850	38			
DISTANCIAREACCION2m_DIF	Entre	69,800	4	17,450	3,209	,024
	Dentro de	184,897	34	5,438		
	Total	254,696	38			

Tabla 77. Test de ANOVA. Diferencias de tiempo y distancia de reacción en ≤ 24 años y concentración de alcohol en aire espirado

Existe una correlación positiva estadísticamente,

- ✓ **Significativa ($p < 0,05$)** entre la **disminución** del **TIEMPO DE REACCIÓN** ($p = 0,033$) y la **disminución** de la **DISTANICA DE REACCIÓN** ($p = 0,024$) con la concentración de alcohol etílico en aire espirado $\leq 0,20$ mg/L, con un error menor de un 5%, lo que supone que sea significativo a nivel global, ya que las diferencias son de un 95% de confianza.

COMPARACIÓN DE MEDIAS PARAMÉTRICAS EN ≤ 24 AÑOS SEGÚN CONCENTRACIÓN DE ALCOHOL EN AIRE ESPIRADO (TABLA 78)

a. EDAD3 = ED ≤ 24

TIEMPOREACCION2s_DIF ^a			
Duncan ^{b,c}			
RangoConcentracion	N	alfa = 0.05	
		1	2
0.21-0.24	8	-,1350	
0.16-0.20	14	-,0700	-,0700
0.11-0.15	10	-,0320	-,0320
≥ 0.25	4		,0050
≤ 0.10	3		,0400
Sig.		,082	,073

DISTANCIAREACCION2m_DIF ^a				
Duncan ^{b,c}				
RangoConcentracion	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
0.21-0.24	8	-3,4563		
0.16-0.20	14	-1,6264	-1,6264	
0.11-0.15	10	-,7790	-,7790	-,7790
≥ 0.25	4		-,0575	-,0575
≤ 0.10	3			1,4400
Sig.		,075	,293	,138

Tabla 78. Comparación de medias paramétricas en ≤ 24 años según concentración de alcohol en aire espirado

Para identificar qué grupos son diferentes o similares en contrastes paramétricos de más de 2 grupos, se realiza el **test de prueba post-hoc**, en concreto el **Test de Duncan** para analizar si la diferencia mínima cambia entre los pasos, es decir analizar los tramos o subgrupos para ver si existe diferencia estadística. Según el test de Duncan existe una diferencia estadística:

- Las medias negativas de las variables de Diferencia en el **tiempo de reacción y la distancia de reacción** en concentraciones de etanol $< 0,20$ mg/L en aire espirado, en edades ≤ 24 años son **menores** a estas concentraciones de alcohol en aire espirado, es decir, el tiempo de reacción en este rango de edad es más rápido bajo los efectos del alcohol étlico a estas concentraciones.

▪ 25-39 AÑOS

EDAD3 = ED 25 - 39

Descriptivos*							
		N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media	
						inferior	superior
TIEMPO REACCIÓN(1)(s) (S N)	<= 0.10	1	,9000				
	0.11-0.15	12	,6783	,16348	,04719	,5745	,7822
	0.16-0.20	16	,7100	,20435	,05109	,6011	,8189
	0.21-0.24	22	,7236	,15314	,03265	,6557	,7915
	>= 0.25	5	,7840	,13813	,06177	,6125	,9555
Total		56	,7186	,16867	,02254	,6734	,7637
TIEMPO REACCIÓN1s_DIF	<= 0.10	1	-,4000				
	0.11-0.15	12	-,1183	,11953	,03451	-,1943	-,0424
	0.16-0.20	16	,0456	,29534	,07384	-,1118	,2030
	0.21-0.24	22	-,0809	,12910	,02752	-,1381	-,0237
	>= 0.25	5	-,1960	,18188	,08134	-,4218	,0298
Total		56	-,0688	,20805	,02780	-,1245	-,0130
DISTANCIA REACCIÓN1m_D F	<= 0.10	1	-10,6700				
	0.11-0.15	12	-2,9442	3,22022	,92960	-4,9902	-,8981
	0.16-0.20	16	1,2656	7,84751	1,96188	-2,9160	5,4473
	0.21-0.24	22	-2,1614	3,42643	,73052	-3,6806	-,6422
	>= 0.25	5	-5,1460	5,23141	2,33956	-11,6417	1,3497
Total		56	-1,7684	5,55532	,74236	-3,2561	-,2807

Tabla 79. Diferencias de tiempo y distancia de reacción entre 25-39 años y concentración de alcohol en aire espirado

En edades **entre 25-39 años**, se observa en la media de Diferencias del tiempo y distancia de reacción -según los rangos de concentración de alcohol en aire espirado- que en concentraciones **< 0,16 mg/L de alcohol en aire espirado**, las medias son negativas en las dos variables, indicativo de que existe un **disminución del tiempo de reacción** bajo los efectos del alcohol en esas concentraciones, al igual que en la distancia de reacción.

Se observa que a partir de concentraciones **≥ 0,16mg/L en aire espirado**, tanto el tiempo de reacción como la distancia de reacción tienen unas medias son positivas, indicativo de que existe un **aumento del tiempo de reacción** y la **distancia de reacción de forma gradual** a partir de esas concentraciones.

TEST DE ANOVA Y DUNCAN. DIFERENCIAS DE TIEMPO Y DISTANCIA DE REACCIÓN ENTRE 25-39 AÑOS (TABLA 80)

a. EDAD3 = ED 25 - 39

ANOVA ^a						
		cuadrados	gl	cuadrática	F	Sig.
TIEMPOREACCION1s_DIF	Entre grupos	,433	4	,108	2,833	,034
	Dentro de grupos	1,948	51	,038		
	Total	2,381	55			
VELOCIDAD1Kmh_D F	Entre grupos	15,410	4	3,852	,214	,930
	Dentro de grupos	919,313	51	18,026		
	Total	934,723	55			
DISTANCIAREACCION1m_DIF	Entre grupos	303,551	4	75,888	2,777	,037
	Dentro de grupos	1393,838	51	27,330		
	Total	1697,389	55			

Tabla 80. Test de ANOVA. Diferencias de tiempo y distancia de reacción entre 25-39 años y concentración de alcohol en aire espirado

Existe una correlación positiva estadísticamente,

- ✓ **Significativa ($p < 0,05$)** entre la disminución del **TIEMPO DE REACCIÓN** ($p = 0,034$) y la disminución de la **DISTANICA DE REACCIÓN** ($p = 0,037$) con la concentración de alcohol etílico en aire espirado $\leq 0,16$ mg/L, con un error menor de un 5%, lo que supone que sea significativo a nivel global, ya que las diferencias son de un 95% de confianza.

- **ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN DE VELOCIDAD**

A continuación estudiamos las diferencias que presenta una variable numérica entre dos grupos: el alcohol etílico y la variación de velocidad para determinar si existe una alteración de la misma bajo los efectos del alcohol, para contrastar si las diferencias numéricas obtenidas al comparar dos tratamientos (SIN ALCOHOL Y CON ALCOHOL) son lo suficientemente grandes como para que su única causa sea atribuible al azar.

Para ello clasificaremos el estudio en dos clases:

- Muestras apareadas o relacionadas
- Muestras independientes

Se realiza una estudio comparativo paramétrico para dos medias longitudinales (EL ANTES Y EL DESPUÉS), una en estado basal (0,00mg/L en aire espirado) y otra tras la ingesta de alcohol etílico (en función del sexo y peso) en concentraciones a distintas medidas, realizadas a distintos tiempos: 15, 30, 40, 50 y 60 minutos respectivamente (fase de absorción hasta la fase de distribución del alcohol en sangre).

En los contrastes con muestras apareadas, la hipótesis nula es que el tratamiento no presenta efecto, frente a la hipótesis alternativa de que sí hay diferencia. Como en todo contraste de hipótesis, se declara que el efecto es estadísticamente significativo si la significación calculada es inferior a cierta cantidad pequeña (5% ó 1% típicamente).

Los contrastes se han realizado calculando las diferencias existentes entre cada observación de un grupo y la observación asociada en el segundo. Si las mencionadas diferencias tienen una distribución aproximadamente normal o bien la muestra es grande, para lo que se ha

utilizado la **t-student para muestras apareadas**, así como se ha realizado una comparación de más de 2 medias paramétricas, mediante el test de ANOVA para determinar si existe una diferencia estadística entre grupos. Para identificar qué grupos son diferentes o similares en contrastes paramétricos de más de 2 grupos, se realiza el **test de pruebas post-hoc**, en concreto el **test de Duncan** para analizar si la diferencia mínima cambia entre los pasos, es decir, analizar los tramos o subgrupos par ver si existen diferencias estadísticas.

VELOCIDAD SEGÚN CONCENTRACIÓN DE ALCOHOL EN AIRE ESPIRADO

▪ MG

Prueba T

Estadísticas de muestras emparejadas				
	Media	N	Desviación estándar	Media de error estándar
Par 1 VELOCIDAD (1) (Km/h) (CON ALCOHOL)	119,3234	80	34,26559	3,83101
VELOCIDAD (1) (Km/h) (SIN)	111,3069	80	35,63731	3,98437
Par 2 DISTANCIA AL OBSTACULO (1) (m) (CON ALCOHOL)	108,7668	80	20,06288	2,24310
DISTANCIA AL OBSTACULO (1) (m) (SIN)	112,1623	80	9,87657	1,10423
Par 3 TIEMPO HASTA EL OBSTACULO (1) (s) (CON ALCOHOL)	3,9521	80	2,90989	,32534
TIEMPO HASTA EL OBSTACULO (1) (s) (SIN)	4,6010	80	3,99257	,44638
Par 4 VELOCIDAD DE COLISIÓN(1) (Km/h) (CON ALCOHOL)	83,90	10	53,633	16,960
VELOCIDAD DE COLISIÓN(1) (Km/h) (SIN)	95,10	10	37,896	11,984

Tabla 81. Estadísticas de muestras emparejadas según la velocidad en la MG

Se analiza la media de las velocidades llevadas a lo largo del recorrido por el escenario de AUTOPISTA (1), CON Y SIN ALCOHOL. Este recorrido es el primero que realizan tras la ingesta de alcohol.

Se observa que la media de la velocidad que llevan los individuos de la muestra a estudio CON ALCOHOL (119 Km/h \pm 34 DT) es mayor que la velocidad SIN ALCOHOL (111Km/h \pm 36 DT) .

PRUEBA DE MUESTRAS EMPAREJADAS SEGÚN LA VARIACIÓN DE VELOCIDAD (TABLA 82)

Prueba de muestras emparejadas								
	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
Par 1 VELOCIDAD (1) (Km/h) (CON ALCOHOL) - VELOCIDAD (1) (Km/h) (SIN)	8,01650	32,80377	3,66757	,71638	15,31662	2,186	79	,032
Par 2 DISTANCIA AL OBSTACULO (1) (m) (CON ALCOHOL) - DISTANCIA AL OBSTACULO (1) (m) (SIN)	-3,39550	22,50111	2,51570	-8,40288	1,61188	-1,350	79	,181
Par 3 TIEMPO HASTA EL OBSTACULO (1) (s) (CON ALCOHOL) - TIEMPO HASTA EL OBSTACULO (1) (s) (SIN)	-,64887	3,86305	,43190	-1,50856	,21081	-1,502	79	,137
Par 4 VELOCIDAD DE COLISIÓN(1) (Km/h) (CON ALCOHOL) - VELOCIDAD DE COLISIÓN(1) (Km/h) (SIN)	-11,200	40,144	12,695	-39,917	17,517	-,882	9	,401

Tabla 82. Prueba de muestras emparejadas según la variación de velocidad

Se realiza un estudio de prueba de muestras emparejadas teniendo un resultado estadísticamente (Tabla 82):

- ✓ **Significativo ($p < 0,05$)** con una $p = 0,032$, entre las medias de las variables de velocidad tras la ingesta de alcohol, indicativo de que

existe un **aumento de velocidad** con un error menor de un 5%, lo que supone que sea significativo a nivel global, ya que las diferencias son de mas de un 95% de confianza frente al tiempo de reacción y la distancia de reacción sin alcohol (en estado basal).

Pruebas de contrastes dentro de sujetos

Medida: VELOCIDAD3Km

Origen	ALCOHOL	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
ALCOHOL	Lineal	3778,463	1	3778,463	7,301	,008
ALCOHOL * SEXO	Lineal	2140,566	1	2140,566	4,136	,045
Error(ALCOHOL)	Lineal	40364,873	78	517,498		

Pruebas de efectos inter-sujetos

Medida: VELOCIDAD3Km

Variable transformada: Media

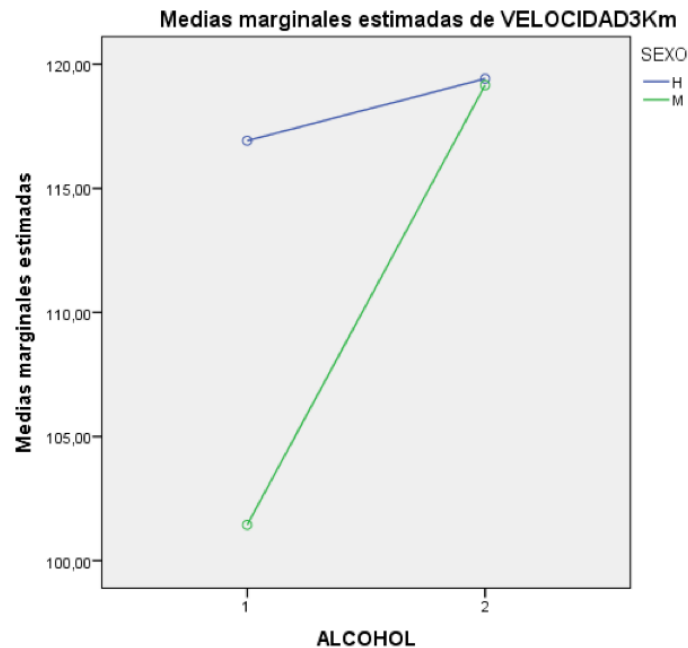
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Interceptación	1929971,710	1	1929971,710	1015,145	,000
SEXO	2290 337	1	2290 337	1 205	,276
Error	148291,938	78	1901,179		

Tabla 83. Pruebas de contraste de variación de velocidad entre sexo

Según el sexo (Tabla 83), se aprecia tras la ingesta de alcohol que existe una diferencia estadística:

- **Significativa ($p < 0,05$)** entre las medias de las variables de Diferencia de velocidad entre hombres y mujeres tras la ingesta de alcohol etílico, indicativo de un **aumento de velocidad en ambos sexos**, siendo más notable el aumento de velocidad con alcohol en **mujeres ($p = 0,045$)** (Gráfica 32), con un error menor de un 5%, lo que supone que sea significativo a nivel global, ya que las diferencias son de mas de un 95% de confianza.

GRÁFICA 32. DIFERENCIA DE MEDIAS DE VELOCIDAD POR SEXO

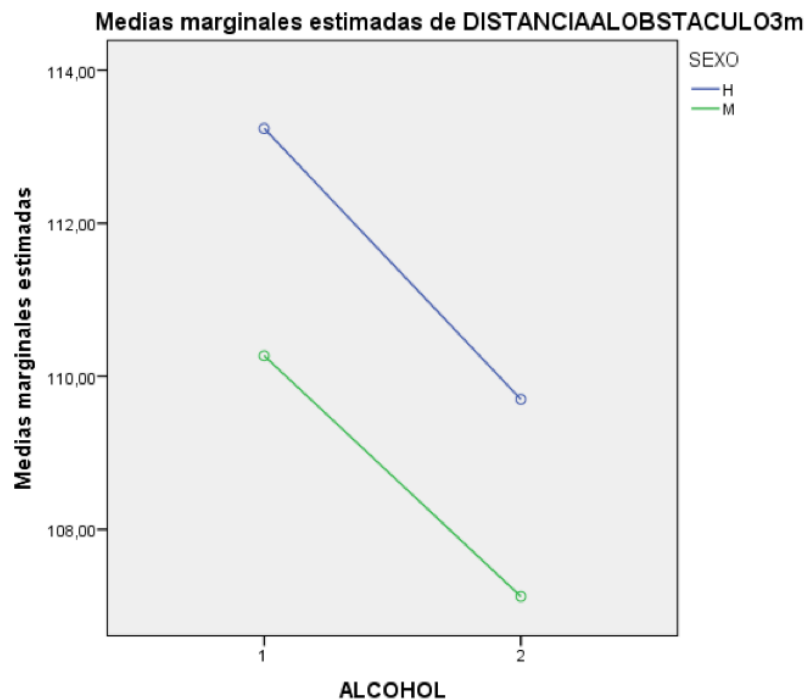


Gráfica 32. Resultado de la diferencia de medias de velocidad por sexo con alcohol (N= 123)

En esta gráfica podemos apreciar:

- La existencia de un aumento de velocidad en ambos sexos tras la ingesta de alcohol, siendo mas notable en las mujeres (aumento de un 16% mas de velocidad las mujeres respecto a los hombres).
- Al existir un **aumento de velocidad CON ALCOHOL**, la **distancia al obstáculo disminuye**, tal y como se observa en la Gráfica 33 .

GRÁFICA 33. DIFERENCIA DE MEDIAS DE DISTANCIA AL OBSTÁCULO POR SEXO



Gráfica 33. Medias marginales estimada de distancia al obstáculo por sexo

En esta gráfica podemos apreciar:

- La existencia de una disminución de la distancia al obstáculo en ambos sexos, distancia desde que le llega el estímulo visual hasta el punto exacto donde se encuentra ese obstáculo, debido al aumento de velocidad tras la ingesta de alcohol.

Se observa una disminución más notable de la distancia al obstáculo en mujeres que en hombres tras la ingesta de alcohol; esto se debe al aumento de velocidad tras la ingesta de alcohol mas notable en mujeres que en hombres, lo

que produce una reducción en la distancia al obstáculo y por tanto menor espacio para reaccionar y frenar el vehículo.

DIFERENCIAS POR DISTANCIA AL OBSTÁCULO (TABLA 84)

Estadísticos descriptivos				
	SEXO	Media	Desviación estándar	N
DISTANCIA AL OBSTACULO (1) (m) (SIN)	H	113,2384	,34301	51
	M	110,2697	16,40705	29
	Total	112,1622	9,87657	80
DISTANCIA AL OBSTACULO (1) (m) (CON ALCOHOL)	H	109,7006	18,02899	51
	M	107,1245	23,47043	29
	Total	108,7667	20,06288	80

Tabla 84. Diferencias entre sexo por distancia al obstáculo tras la ingesta de etanol

Se observa como la distancia al obstáculo que tienen las mujeres cuando realizan la prueba CON ALCOHOL (107,12 m \pm 23,47 DT) es menor que la que tienen los hombres (109,70 m \pm 18,03 DT) también CON ALCOHOL, debido al aumento de velocidad.

DIFERENCIAS TIEMPO DE REACCIÓN. PRUEBA AUTOPISTA (TABLA 85)

Estadísticos descriptivos				
	SEXO	Media	Desviación estándar	N
TIEMPO REACCIÓN (1) (s) (SIN)	H	2,5915	4,92014	26
	M	6,0480	15,10577	20
	Total	4,0943	10,62048	46
TIEMPO REACCIÓN (1) (s) (CON ALCOHOL)	H	2,0438	4,39205	26
	M	1,3420	,47863	20
	Total	1,7387	3,30715	46

Tabla 85. Medias de Tiempo de reacción por sexo. Prueba Autopista

La última variable a estudio, según el sexo, es el TIEMPO DE REACCIÓN. Tal y como se viene observando a lo largo de todo la investigación, se observa una disminución del tiempo de reacción CON ALCOHOL, en general en toda la muestra por sexo.

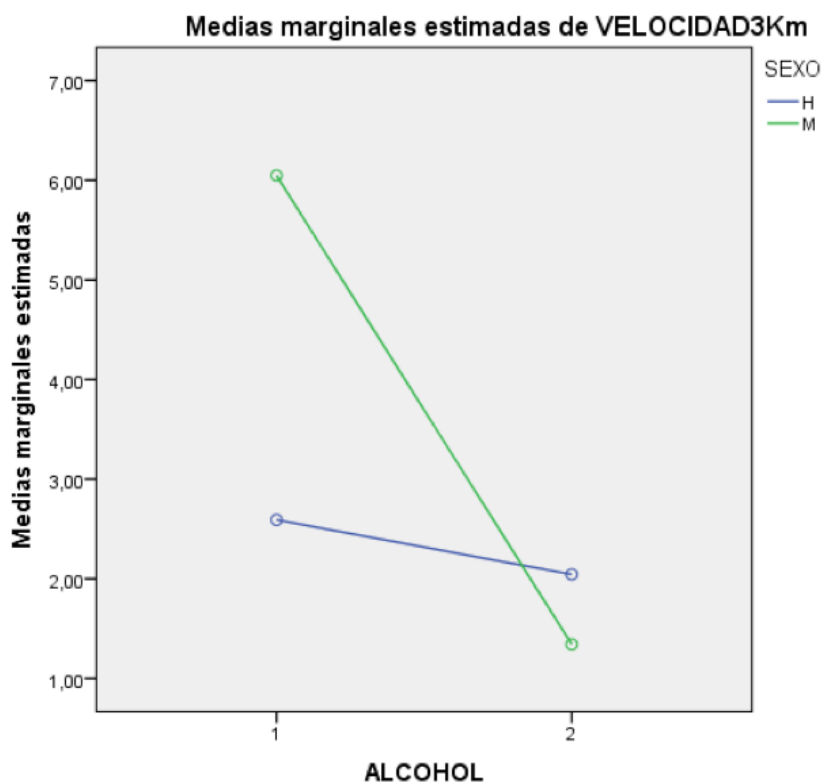
Siendo el tiempo de reacción CON ALCOHOL en la mujeres bastante mas inferior ($1,34 \text{ s} \pm 0,48 \text{ DT}$) con diferencia que el tiempo de reacción CON ALCOHOL en los hombres ($2,04 \text{ s} \pm 4,39 \text{ DT}$). (GRÁFICA 34)

	TIEMPO REACCIÓN (S) SIN ALCOHOL	TIEMPO REACCIÓN(S) CON ALCOHOL
HOMBRES	$2,60 \pm 4,62 \text{ DT}$	$2,04 \pm 4,39 \text{ DT}$
MUJERES	$6,05 \pm 15,11 \text{ DT}$	$1,34 \pm 0,48 \text{ DT}$

Tabla 85 bis. Medias de Tiempo de reacción por sexo. Prueba Autopista

- El tiempo de reacción de las mujeres es un 77,5% mas rápido CON ALCOHOL que el tiempo de reacción de los hombres CON ALCOHOL.
- Las mujeres reaccionan más rápidamente bajo los efectos del alcohol ante un estímulo inesperado.
- El tiempo de reacción en mujeres disminuye un 33% más CON ALCOHO que SIN ALCOHOL.

GRÁFICA 34. DIFERENCIA DE MEDIAS DE TIEMPO DE REACCIÓN POR SEXO



Gráfica 34. Diferencia de medias de Tiempo de Reacción por sexo

De los resultado obtenidos en el estudio, los más relevantes son el **tiempo de reacción**, que se estudia conjuntamente con la distancia de reacción y la **distancia de frenado**.

Se observa que la distancia de reacción tiene que ver con el tiempo de reacción por ser ésta la distancia recorrida por cada individuo durante el tiempo que tarda en reaccionar ante un estímulo inesperado, y por su puesto también tiene que ver con la velocidad.

Según la muestra a estudio, al disminuir el tiempo de reacción CON ALCOHOL, la distancia de reacción disminuye también CON ALCOHOL en toda la muestra por sexo. (Tabla 86).

Estadísticos descriptivos				
	SEXO	Media	Desviación estándar	N
DISTANCIA REACCIÓN (1) (m) (SIN)	H	51,7962	26,59989	26
	M	75,8260	71,04514	20
	Total	62,2439	51,66498	46
DISTANCIA REACCIÓN (1) (m) (CON ALCOHOL)	H	43,4569	25,49222	26
	M	48,8195	18,03560	20
	Total	45,7885	22,48545	46

Tabla 86. Diferencias de medias entre sexo por distancia de reacción

Se analizan los resultados y se observa una disminución de la distancia de reacción muy notable en las mujeres bajo los efectos del alcohol etílico, siendo la distancia de reacción SIN ALCOHOL de (75,83 m \pm 71,05 DT) y la distancia de reacción CON ALCOHOL es de (48,81 m \pm 18,04 DT), por tanto, la diferencia es de 27,02 metros menos de distancia recorrida CON ALCOHOL (36% de distancia que recorren menos CON ALCOHOL). Los hombres tienen también una disminución de la distancia de reacción, siendo ésta de (51,80 m \pm 26,60 DT) SIN ALCOHOL y de (43,82m \pm 25,50 DT) CON ALCOHOL, por tanto, la diferencia es de 7,98 metros de distancia recorrida menos CON ALCOHOL (15% de distancia que recorren menos CON ALCOHOL), siendo **estadísticamente significativa** ($p=0,039$) entre toda la muestra a estudio $p<0,05$ (Tabla 87).

Pruebas de contrastes dentro de sujetos

Medida: VELOCIDAD3Km

Origen	ALCOHOL	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
ALCOHOL	Lineal	7061,378	1	7061,378	4,536	,039
ALCOHOL * SEXO	Lineal	1969,596	1	1969,596	1,265	,267
Error(ALCOHOL)	Lineal	68499,440	44	1556,805		

Tabla 87. Pruebas de contraste de variación de distancia de reacción entre sexo

La distancia de frenado **aumenta** en toda la muestra a estudio. El comienzo de la distancia de frenado empieza cuando termina la distancia de reacción, ya que de la suma de estas dos distancias nos da una última distancia que es la distancia recorrida o distancia al obstáculo (estudiada anteriormente).

Estadísticos descriptivos				
	SEXO	Media	Desviación estándar	N
DISTANCIA FRENADO(1) (m) (SIN)	H	57,7500	40,64986	20
	M	54,0829	41,21438	17
	Total	56,0651	40,37924	37
DISTANCIA FRENADO(1) (m) (CON ALCOHOL)	H	68,7855	34,53119	20
	M	75,3747	39,36990	17
	Total	71,8130	36,45944	37

Pruebas de contrastes dentro de sujetos						
Medida: VELOC DAD3Km						
Origen	ALCOHOL	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
ALCOHOL	Lineal	4801,590	1	4801,590	9,116	,005
ALCOHOL * SEXO	Lineal	483,310	1	483,310	,918	,345
Error(ALCOHOL)	Lineal	18434,384	35	526,697		

Tabla 88. Diferencias de medias de distancia de frenado por sexo. Prueba Autopista

Analizados los resultados de la distancia de frenado, se observa que ésta en mujeres aumenta notablemente frente a la distancia de frenado de los hombres (Tabla 88).

- Existe un **aumento** importante en la distancia de frenado SIN ALCOHOL (54,08 m \pm 41,21 DT) y la distancia de frenado CON ALCOHOL (75,37 m \pm 39,37 DT) **en mujeres**. La diferencia de la misma es de 21,29 m, correspondiente a un 28,25 % de incremento de distancia CON ALCOHOL.
- En los hombre la diferencia del aumento de la distancia de frenado SIN ALCOHOL (57,75 m \pm 40,65 DT) y la distancia de frenado CON ALCOHOL (68,79m \pm 34,53 DT) es de 11,04m, correspondiente a un 16,05% de incremento de distancia CON ALCOHOL.

Esta distancia es muy importante por ser la distancia recorrida desde el momento que se pone el pie encima del pedal del freno del vehículo para parar el mismo. La distancia de frenado indica la distancia recorrida tras recibir un estímulo visual (obstáculo inesperado) hasta parar el vehículo totalmente.

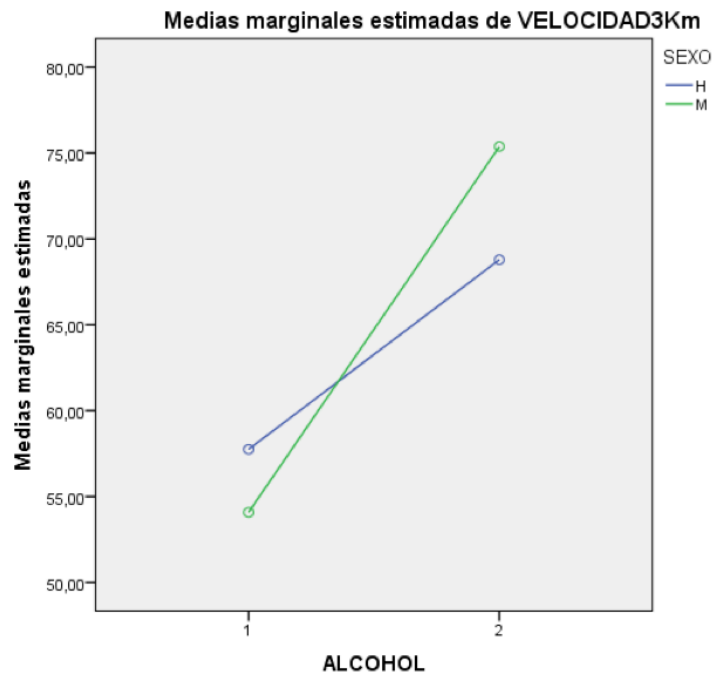
Analizados los resultados de la muestra por sexo, se encuentra que existe una diferencia estadística:

- **Muy significativa ($p < 0,01$)**, entre las medias de las variables de Diferencia de distancia de frenado entre hombres y mujeres tras la ingesta de etanol, indicativo de un aumento de la **distancia de frenado CON ALCOHOL en mujeres** ($p = 0,005$) con respecto a los hombres, con un error menor de un 1%, lo que supone que sea muy significativo a nivel global, ya que las diferencias son de mas de un 99% de confianza.

Según todos los resultados analizados anteriormente, EN MUJERES:

- El **tiempo de reacción** y la **distancia de reacción** **CON ALCOHOL disminuyen** (son 77,5% MAS RÁPIDAS CON ALCOHOL que SIN ALCOHOL).
- La **distancia de frenado** **aumenta**, es decir, recorren mas distancia que los hombres para parar el vehículo. (Gráfica 34)

GRÁFICA 35. DIFERENCIA DE MEDIAS DE DISTANCIA DE FRENADO POR SEXO



Gráfica 35. Diferencia de medias de distancia de frenado por sexo

Según se observa en la Gráfica 35, la distancia de frenado aumenta CON ALCOHOL en mujeres con respecto a los hombres, a pesar de reaccionar antes las mujeres, indicativo de que la frenada bajo los efectos del alcohol se alarga, luego la distancia aumenta y la parada se prolonga en el espacio.

Según el grado de concentración de alcohol en aire espirado, se estudia la media de las Diferencias de Velocidad, observando un aumento de la misma tras la ingesta de alcohol según el test de ANOVA, encontrándose que varía de forma correlativa estadísticamente significativa (Tabla 89):

Descriptivos

	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	confianza para la media	
					inferior	superior
VELOCIDAD (1) (Km/h) (SIN)						
<= 0.10	5	90,7600	19,27360	8,61942	66,8287	114,6913
0.11-0.15	27	137,9870	24,72915	4,75913	128,2045	147,7696
0.16-0.20	34	134,5971	26,78871	4,59423	125,2500	143,9441
0.21-0.24	39	136,5664	26,80852	4,29280	127,8761	145,2567
>= 0.25	13	128,9746	25,16039	6,97824	113,7703	144,1789
Total	118	133,5467	27,16292	2,50055	128,5945	138,4989
TEMPORAL ACCIÓN1s_DIF						
<= 0.10	0					
0.11-0.15	12	,5833	1,55416	,44865	-,4041	1,5708
0.16-0.20	11	,0091	1,87871	,56645	-1,2530	1,2712
0.21-0.24	11	-,7236	1,20674	,36385	-1,5343	,0871
>= 0.25	2	2,3800	,05657	,04000	1,8718	2,8882
Total	36	,1083	1,66631	,27772	-,4555	,6721
VELOCIDAD DECOLISION2Km/h_DIF						
<= 0.10	0					
0.11-0.15	9	14,2222	36,57792	12,19264	-13,8941	42,3385
0.16-0.20	8	-6,8750	28,05829	9,92010	-30,3323	16,5823
0.21-0.24	10	-16,6900	66,86408	21,14428	-64,5217	31,1417
>= 0.25	2	-8,5000	,70711	,50000	-14,8531	-2,1469
Total	29	-3,8241	46,73509	8,67849	-21,6012	13,9529
TEMPORAL ACCIÓN2s_DIF						
<= 0.10	1	-,1000				
0.11-0.15	9	-,3800	,44136	,14712	-,7193	-,0407
0.16-0.20	10	,5740	,93481	,29561	-,0947	1,2427
0.21-0.24	13	-,0046	,28427	,07884	-,1764	,1672
>= 0.25	1	,0400				
Total	34	,0647	,67098	,11507	-,1694	,2988
DISTANCIA PARAPARA RSE3m_D F						
<= 0.10	1	-49,5900				
0.11-0.15	5	-3,0860	9,62983	4,30659	-15,0430	8,8710
0.16-0.20	10	-,9020	4,11445	1,30110	-3,8453	2,0413
0.21-0.24	11	4,9027	26,54755	8,00439	-12,9322	22,7376
>= 0.25	6	4,1983	16,08094	6,56502	-12,6776	21,0742
Total	33	,1539	19,16075	3,33546	-6,6402	6,9480

Tabla 89. Medias de Velocidad según concentraciones de alcohol en aire espirado en la MG

A continuación se estudia las diferencias que presenta una variable numérica entre dos grupos: alcohol etílico y la variación de velocidad en concentraciones $\leq 0,25$ mg/L en aire espirado, para determinar si existe alteración de la misma bajo los efectos del alcohol y a partir de qué concentración existe tal afectación (Tabla 89).

TEST DE ANOVA. DIFERENCIAS DE VELOCIDAD Y TIEMPO DE REACCIÓN (TABLA 90)

ANOVA						
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
VELOCIDAD (1) (Km/h) (SIN)	Entre grupos	10350,746	4	2587,686	3,849	,006
	Dentro de grupos	75974,658	113	672,342		
	Total	86325,404	117			
VELOCIDAD2Kmh_DIF	Entre grupos	18399,156	4	4599,789	3,510	,010
	Dentro de grupos	137580,960	105	1310,295		
	Total	155980,117	109			
TIEMPOREACCION2s_DIF	Entre grupos	4,464	4	1,116	3,114	,030
	Dentro de grupos	10,393	29	,358		
	Total	14,857	33			
TIEMPOREACCION1s_DIF	Entre grupos	20,751	3	6,917	2,896	,050
	Dentro de grupos	76,430	32	2,388		
	Total	97,181	35			

Tabla 90. Test de ANOVA. Diferencias de Velocidad y Tiempo de Reacción. MG

A continuación se realiza una comparación de mas de 2 medias paramétricas, mediante el test de ANOVA existe una diferencia estadística entre grupos:

- ✓ **Muy significativa ($p < 0,01$)**, entre las medias de las variables de Diferencia de Velocidad en toda la MG ($p = 0,010$) tras la ingesta de etanol en concentraciones $\leq 0,25$ mg/L en aire espirado, indicativo de un **aumento de la velocidad CON ALCOHOL**, con un error menor de un 1%, lo que supone que sea muy significativo a nivel global, ya que las diferencias son de mas de un 99% de confianza.
- ✓ **Significativa ($p < 0,05$)**, entre las medias de las variables de Diferencia de Tiempo de Reacción en toda la MG ($p = 0,030$) tras la ingesta de etanol en concentraciones $\leq 0,25$ mg/L en aire espirado, indicativo de una **disminución del tiempo de reacción CON ALCOHOL**, con un error menor de un 5%, lo que supone que sea muy significativo a nivel global, ya que las diferencias son de mas de un 95% de confianza.

Para identificar qué grupos son diferentes o similares en contrastes paramétricos de más de 2 grupos, se realiza el **test de pruebas post-hoc**, en concreto el **test de DUNCAN** para analizar si la diferencia mínima cambia entre los pasos, es decir analizar los tramos o subgrupos para ver si existe diferencia estadística. Según el **test de DUNCAN** existe una diferencia estadística en:

VELOCIDAD1Kmh_DIF				
Duncan ^{a,b}				
RangoConce ntracion	N	0.05		
		1	2	
0.11-0.15	23	-11,3609		
0.16-0.20	34	-9,6176		
0.21-0.24	38	-5,3474	-5,3474	
>= 0.25	13	2,2054	2,2054	
<= 0.10	5		17,5100	
Sig.		,315	,077	

VELOCIDAD2Kmh_DIF				
Duncan ^{a,b}				
RangoConce ntracion	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
<= 0.10	4	-22,0825		
0.21-0.24	36	-1,0931	-1,0931	
0.11-0.15	26	6,5285	6,5285	
0.16-0.20	34		15,3679	15,3679
>= 0.25	10			39,5580
Sig.		,079	,315	,116

Tabla 91. Comparación de medias paramétricas según concentración de alcohol en aire espirado en la MG

- ✓ **significativa ($p < 0,05$)** entre las medias de las variables de velocidad ($p = 0,05$) en concentraciones < 0,11 mg/L en aire espirado, indicativo de que existe un **aumento de la velocidad** que va disminuyendo de forma gradual según aumenta la concentración de alcohol en aire espirado, a partir de concentraciones $> 0,11$ mg/L, siendo **notable la disminución de velocidad a partir de concentraciones $\geq 0,25$ mg/L aire espirado**.

- La **velocidad** ↑ con el alcohol en concentraciones **< 0,11 mg/L** en aire espirado, y va **disminuyendo** de forma gradual según ↑ las concentraciones de alcohol en aire espirado (a partir de 0,25 mg/L en aire espirado).
- El tiempo de reacción ↓ significativamente.

▪ SEXO

DIFERENCIAS DE VELOCIDAD SEGÚN CONCENTRACIÓN DE ALCOHOL EN AIRE ESPIRADO EN HOMBRES

SEXO = H

		Descriptivos*					95% del intervalo de confianza para la media	
		N	Media	Desviación estándar	Error estándar		Límite inferior	Límite superior
VELOCIDAD (1) (Km/h) (SIN)	<= 0.10	4	90,0825	22,18638	11,09319		54,7790	125,3860
	0.11-0.15	20	139,7540	24,10846	5,39081		128,4709	151,0371
	0.16-0.20	19	141,5879	24,94076	5,72180		129,5668	153,6090
	0.21-0.24	26	139,8119	27,55879	5,40472		128,6807	150,9432
	>= 0.25	8	130,8788	21,30689	7,53312		113,0657	148,6918
	Total	77	136,7236	27,08119	3,08619		130,5770	142,8703
VELOCIDAD (2) (Km/h) (SIN)	<= 0.10	4	133,2650	10,76272	5,38136		116,1391	150,3909
	0.11-0.15	19	129,9353	37,55146	8,61490		111,8360	148,0345
	0.16-0.20	21	122,6976	37,85467	8,26057		105,4664	139,9289
	0.21-0.24	27	132,1211	18,83963	3,62569		124,6684	139,5738
	>= 0.25	8	123,7025	23,39989	8,27311		104,1397	143,2653
	Total	79	128,2958	29,70410	3,34197		121,6425	134,9492
VELOCIDAD (1) (Km/h) (SIN)	<= 0.10	1	116,7100					
	0.11-0.15	14	109,6543	31,43608	8,40165		91,5036	127,8049
	0.16-0.20	14	118,2400	41,84977	11,18482		94,0767	142,4033
	0.21-0.24	18	115,8878	33,69267	7,94144		99,1328	132,6427
	>= 0.25	5	134,2060	26,29059	11,75751		101,5619	166,8501
	Total	52	116,6200	34,28552	4,75455		107,0749	126,1651
VELOCIDAD1Kmh_DIF	<= 0.10	4	21,3000	55,90103	27,95051		-67,6510	110,2510
	0.11-0.15	18	-12,5589	33,88331	7,98637		-29,4087	4,2909
	0.16-0.20	19	-12,8505	35,79112	8,21105		-30,1013	4,4002
	0.21-0.24	25	-5,0308	28,34562	5,66912		-16,7313	6,6697
	>= 0.25	8	,2762	34,05335	12,03968		-28,1931	28,7456
	Total	74	-6,8727	33,97832	3,94990		-14,7448	,9994
VELOCIDAD2Kmh_DIF	<= 0.10	3	-27,6700	18,24661	10,53469		-72,9971	17,6571
	0.11-0.15	19	6,8437	29,53876	6,77666		-7,3935	21,0809
	0.16-0.20	20	6,1165	35,35542	7,90571		-10,4303	22,6633
	0.21-0.24	26	,0569	30,91365	6,06267		-12,4294	12,5432
	>= 0.25	6	18,0100	23,37747	9,54381		-6,5231	42,5431
	Total	74	3,7688	31,31277	3,64004		-3,4858	11,0234
VELOCIDAD3Kmh_DIF	<= 0.10	1	-9,0500					
	0.11-0.15	13	-3,8885	36,43371	10,10489		-25,9051	18,1282
	0.16-0.20	14	-5,0871	27,94393	7,46833		-21,2215	11,0472
	0.21-0.24	18	14,6217	39,66800	9,34984		-5,1048	34,3481
	>= 0.25	5	-,9720	18,36643	8,21372		-23,7769	21,8329
	Total	51	2,5002	34,16280	4,78375		-7,1082	12,1086

Tabla 92. Diferencias de velocidad en estado basal – SIN ALCOHOL (0,00 mg/L en aire espirado) y CON ALCOHOL en hombres

Se analiza la media de las velocidades llevadas a lo largo del recorrido por los tres escenarios de AUTOPISTA SIN ALCOHOL, y se observa que la media de velocidad que llevan los individuos de la muestra a estudio a lo largo de los tres escenarios no sufre ninguna variación, según se puede apreciar en la Tabla 92.

Tras la realización del test de ANOVA, se observa que los hombres de la muestra a estudio realizan la prueba de conducción por Autopista en estado

basal – SIN ALCOHOL (0,00 mg/L en aire espirado), encontrando que existe una diferencia estadística (Tabla 93):

SEXO: HOMBRES

		ANOVA ^a				
		Suma de cuadrados	gl	cuadrática	F	Sig.
VELOCIDAD (1) (Km/h) (SIN)	Entre	9856,081	4	2464,020	3,867	,007
	Dentro de	45881,642	72	637,245		
	Total	55737,723	76			
DISTANCIA PARA PARARSE (1) (m) (SIN)	Entre	3069,795	4	767,449	2,221	,092
	Dentro de	9673,011	28	345,465		
	Total	12742,806	32			
TEMPOREACCIÓN2s_D F	Entre	5,430	4	1,358	3,340	,031
	Dentro de	7,722	19	,406		
	Total	13,153	23			

Tabla 93. Test de ANOVA. Variación de velocidad en estado basal – SIN ALCOHOL (0,00 mg/L en aire espirado) en hombres

- ✓ **Muy significativa ($p < 0,01$)** entre las medias de las variables de Diferencia de:

Velocidad (SIN) ($p = 0,007$), es decir, no existe un aumento de velocidad SIN ALCOHOL (0,00 mg/L en aire espirado) a lo largo de los tres trayectos realizados por Autopista. Con un error menor de un 1%, lo que supone que se muy significativo con un 99% de confianza a nivel global.

La velocidad en los tres escenarios va en disminución desde la primera vez que se realiza el primer escenario de conducción (Autopista 1) hasta la tercera vez (Autopista 3). No se observa aumento de velocidad, sino una disminución:

VELOCIDAD (1) SÍN ALCOHOL	136,72 Km/h \pm 27,08 DT
VELOCIDAD (2) SÍN ALCOHOL	128,30 Km/h \pm 29,70 DT
VELOCIDAD (3) SÍN ALCOHOL	116,62 Km/h \pm 34,89 DT

Comparado con la velocidad de los tres trayectos de escenarios de Autopista CON ALCOHOL, se aprecia un **aumento notable de velocidad con alcohol** respecto de la prueba sin alcohol.

Según las medias estudiadas de la prueba de conducción por Autopista, se observa en los **hombres un aumento notable de la velocidad tras la ingesta de alcohol en concentraciones ≤ 0.10 mg/L en aire espirado**. A partir de concentraciones $\geq 0,11$ mg/L en aire espirado se aprecia una **disminución de la velocidad** que se hace **muy notable en concentraciones $\geq 0,25$ mg/L en aire espirado** (Tabla 94).

Pruebas post hoc

Comparaciones múltiples^a

--

VELOCIDAD2Kmh_DIF^a

Duncan^{b,c}

RangoConcentracion	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
≤ 0.10	3	-27,6700	
0.21-0.24	26	,0569	,0569
0.16-0.20	20		6,1165
0.11-0.15	19		6,8437
≥ 0.25	6		18,0100
Sig.		,083	,306

Tabla 94. Comparación de medias paramétricas de velocidad según concentración de alcohol en hombres

Para identificar qué grupos son diferentes o similares en contrastes paramétricos de más de 2 grupos, se realiza el **test de pruebas post-hoc**, en concreto el **test de Duncan** para analizar si la diferencia mínima cambia entre los pasos, es decir analizar los tramos o subgrupos par ver si existe diferencia estadística; según el Test de Duncan existe una diferencia estadística en:

- ✓ Las medias paramétricas de Diferencias de velocidad con, un **aumento de la *Velocidad (2)*** en concentraciones de alcohol etílico $\leq 0,10$ mg/L en aire espirado.

- ✓ Las medias paramétricas de Diferencias de velocidad con, una **disminución** de la **Velocidad (2)** en concentraciones de alcohol etílico \geq 0,21 mg/L en aire espirado.

Lo que supone que sea tendente a la significancia con un **90% de confianza a nivel global**.

DIFERENCIAS DE VELOCIDAD SEGÚN CONCENTRACIÓN DE ALCOHOL EN AIRE ESPIRADO EN MUJERES

SEXO = M

		Descriptivos*					
		N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media	
						Límite inferior	Límite superior
VELOC DAD (1) (Km/h) (SIN)	<= 0.10	1	93,4700				
	0.11-0.15	7	132,9386	27,73632	10,48334	107,2868	158,5904
	0.16-0.20	15	125,7420	27,22979	7,03070	110,6626	140,8214
	0.21-0.24	13	130,0754	25,00284	6,93454	114,9663	145,1844
	>= 0.25	5	125,9280	32,95163	14,73642	85,0131	166,8429
	Total	41	127,5802	26,62282	4,15779	119,1770	135,9834
VELOC DAD (2) (Km/h) (SIN)	<= 0.10	1	81,0400				
	0.11-0.15	7	114,5957	11,66089	4,40740	103,8112	125,3802
	0.16-0.20	16	106,8650	44,00224	11,00056	83,4179	130,3121
	0.21-0.24	10	121,7600	27,86546	8,81183	101,8262	141,6938
	>= 0.25	5	86,5420	33,65168	15,04949	44,7579	128,3261
	Total	39	108,8041	35,01852	5,60745	97,4524	120,1558
VELOC DAD1Kmh_DIF	<= 0.10	1	2,3500				
	0.11-0.15	5	-7,0480	36,73653	16,42907	-52,6624	38,5664
	0.16-0.20	15	-5,5227	22,17969	5,72677	-17,8054	6,7600
	0.21-0.24	13	-5,9562	22,19216	6,15500	-19,3667	7,4544
	>= 0.25	5	5,2920	41,49157	18,55559	-46,2266	56,8106
	Total	39	-4,2744	25,99676	4,16281	-12,7015	4,1528
VELOC DAD2Kmh_DIF	<= 0.10	1	-5,3200				
	0.11-0.15	7	5,6729	25,40261	9,60129	-17,8206	29,1664
	0.16-0.20	14	28,5843	43,52673	11,63301	3,4527	53,7159
	0.21-0.24	10	-4,0830	50,62863	16,01018	-40,3005	32,1345
	>= 0.25	4	71,8800	50,45613	25,22807	-8,4070	152,1670
	Total	36	18,9239	47,46187	7,91031	2,8651	34,9827

Tabla 95. Diferencias de velocidad según concentración de alcohol en aire espirado en mujeres

Se analiza la media de las velocidades llevadas a lo largo del recorrido por los tres escenarios de AUTOPISTA y las Diferencias de velocidad en estado basal y después de la ingesta de alcohol en las distintas

concentraciones de alcohol etílico hasta 0,25 mg/L en aire espirado. Se observa la media de velocidad que llevan los individuos de la muestra a estudio, en este caso mujeres, a lo largo de los tres escenarios, según se puede apreciar en la Tabla 85. Se aprecia un aumento de velocidad en mujeres tras la ingesta de alcohol en concentraciones de alcohol $\leq 0,10$ mg/L en aire espirado, comenzando a disminuir la velocidad a partir de 0,11 mg/L, siendo muy notable la disminución de alcohol en concentraciones $\geq 0,25$ mg/L en aire espirado.

Tras la realización del test de ANOVA, se observa que las mujeres de la muestra a estudio realizan la prueba de conducción por Autopista en estado basal – SIN ALCOHOL (0,00 mg/L en aire espirado), encontrando que existe una diferencia estadística (Tabla 96):

ANOVA ^a						
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
VELOCIDAD2Kmh_DIF	En re grupos	19633,989	4	4908,497	2,570	,05
	Dentro de	59208,034	31	1909,937		
	Total	78842,023	35			

Tabla 96. Test de ANOVA. Variación de velocidad según concentraciones de alcohol en aire espirado en mujeres

Se realiza un estudio con el test de ANOVA encontrando que existe una diferencia estadística de un aumento de velocidad con alcohol en mujeres con respecto a los hombres (TABLA 96) (Gráfica 32):

- ✓ **Tendente a la significación ($p > 0,05$)** entre las medias de las variables de Diferencia de:
 - **Velocidad ($p = 0,057$)**, es decir, existe un **aumento de velocidad tras la ingesta de alcohol** en dosis de concentración $\leq 0,10$ mg/L en aire espirado, con **un error menor de un 10%**, lo que supone que es **tendente a la significación a nivel global**, ya que las diferencias son de **mas de un 90% de confianza**.

VARIACIÓN DE VELOCIDAD SEGÚN RANGO DE EDAD EN FUNCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE ALCOHOL EN AIRE ESPIRADO

- ≤ 24 años

EDAD3 = ED ≤ 24

Descriptivos ^a						
	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media	
					Límite inferior	Límite superior
VELOCIDAD2Kmh_DIF ≤ 0.10	3	-19,6433	22,01278	12,70909	-74,3261	35,0395
0.11-0.15	10	15,0110	29,48620	9,32435	-6,0822	36,1042
0.16-0.20	14	22,7079	34,92078	9,33297	2,5452	42,8705
0.21-0.24	8	8,8150	12,73136	4,50121	-1,8287	19,4587
≥ 0.25	3	62,7600	77,28637	44,62131	-129,2300	254,7500
Total	38	17,5761	36,41249	5,90689	5,6076	29,5445
DISTANCIAPARAPARA RSE3m_DIF ≤ 0.10	1	-49,5900				
0.11-0.15	4	-3,7575	10,98357	5,49179	-21,2348	13,7198
0.16-0.20	6	-1,8467	5,21132	2,12751	-7,3156	3,6223
0.21-0.24	3	1,5167	1,47676	,85261	-2,1518	5,1852
≥ 0.25	2	3,5100	4,96389	3,51000	-41,0888	48,1088
Total	16	-4,0081	13,75333	3,43833	-11,3368	3,3205
VELOCIDAD (1) (Km/h) (SIN) ≤ 0.10	3	87,9467	26,41176	15,24884	22,3362	153,5571
0.11-0.15	10	147,4670	22,04970	6,97273	131,6936	163,2404
0.16-0.20	14	141,2536	22,12404	5,91290	128,4795	154,0276
0.21-0.24	8	142,0788	33,49676	11,84289	114,0748	170,0827
≥ 0.25	4	140,2250	26,54092	13,27046	97,9925	182,4575
Total	39	138,8100	28,46478	4,55801	129,5828	148,0372

Tabla 97. Medias de variación de velocidad en función de las distintas concentraciones de alcohol en aire espirado en ≤ 24 años

Se estudian los resultados obtenidos según los distintos rangos de concentración de alcohol etílico en aire espirado y se observa una media de velocidad negativa bajo los efectos del alcohol (-19,61 Km/h ± 22,01 DT) en concentraciones ≤ 0,10 mg/L en aire espirado, significativo de un aumento de la velocidad CON ALCOHOL en individuos ≤ 24 años.

Se observa una media de la velocidad positiva bajo los efectos del etanol, a partir de concentraciones $> 0,11\text{mg/L}$, indicativo de una disminución de la velocidad siendo muy notable a partir de concentraciones $\geq 0,25\text{ mg/L}$ ($62,76\text{ Km/h} \pm 77,29\text{ DT}$), apreciándose un aumento de la distancia de parada a partir de concentraciones $\leq 0,20\text{ mg/L}$ en aire espirado ($1,52\text{ m} \pm 1,48\text{ DT}$).

ANOVA^a

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
VELOCIDAD (1) (Km/h) (SIN)	Entre	8687,754	4	2171,938	3,341	,021
	Dentro de	22101,513	34	650,044		
	Total	30789,267	38			
VELOCIDAD2Kmh_DIF	Entre	11329,155	4	2832,289	2,477	,063
	Dentro de	37728,023	33	1143,273		
	Total	49057,177	37			
DISTANCIAPARAPARA RSE3m_DIF	Entre	2310,604	4	577,651	12,064	,001
	Dentro de	526,708	11	47,883		
	Total	2837,312	15			

Tabla 98. Test de ANOVA. Diferencia de velocidad en ≤ 24 años

A continuación se realiza una comparación de más de 2 medias paramétricas, mediante el test de ANOVA existe una diferencia estadística entre grupos:

- ✓ **Tendente a la significancia estadística ($p > 0,05$)** entre las medias de las variables de Diferencia de Velocidad en ≤ 24 años ($p = 0,063$) después de la ingesta de alcohol etílico, indicativo de que existe un aumento de la velocidad con un error menor de un 10% lo que supone que sea tendente a la significancia a nivel global, ya que las diferencias son de más de un 90 % de confianza.
- ✓ **Altamente significativa ($p < 0,001$)** entre las medias de las variables de Diferencia de Parada en ≤ 24 años ($p = 0,001$) después de la ingesta de alcohol etílico, indicativo de que existe un aumento de la distancia de parada con un error menor de un 1% lo que supone que sea altamente

significativo a nivel global, ya que las diferencias son de más de un 99 % de confianza.

a. EDAD3 = ED ≤ 24

VELOCIDAD2Kmh_DIF^a

Duncan^{b,c}

RangoConcentracion	N	0.05	
		1	2
≤ 0.10	3	-19,6433	
0.21-0.24	8	8,8150	
0.11-0.15	10	15,0110	
0.16-0.20	14	22,7079	22,7079
≥ 0.25	3		62,7600
Sig.		,072	,065

Tabla 99. Comparación de medias paramétricas en ≤ 24 años según concentración de alcohol en aire espirado

Para identificar qué grupos son diferentes o similares en contrastes paramétricos de más de 2 grupos, se realiza el **test de pruebas post-hoc**, en concreto el **test de Duncan** para analizar si la diferencia mínima cambia entre los pasos, es decir analizar los tramos o subgrupos para ver si existe diferencia estadística; según el Test de Duncan existe una diferencia estadística en:

- Un aumento de la **velocidad notablemente** en concentraciones $\leq 0,10$ mg/L en aire espirado.
- Una disminución de la **velocidad** a partir de concentraciones $> 0,11$ mg/L en aire espirado, siendo muy notable la disminución en concentraciones $\geq 0,25$ mg/L en aire espirado.
- Un aumento de la **distancia de parada** en concentraciones $\leq 0,20$ mg/L en aire espirado.

- **25 – 39 años**

EDAD3 = ED 25 - 39

Descriptivos ^a						
	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	confianza para la media	
					Límite inferior	Límite superior
VELOCIDAD1Kmh_DIF						
<= 0.10	1	13,5900				
0.11-0.15	9	-29,6167	34,65254	11,55085	-56,2530	-2,9804
0.16-0.20	13	1,8838	22,93723	6,36164	-11,9770	15,7447
0.21-0.24	21	-5,7533	28,16214	6,14548	-18,5726	7,0659
>= 0.25	5	11,5400	31,66870	14,16267	-27,7819	50,8619
Total	49	-5,9508	30,11937	4,30277	-14,6021	2,7005
TIEMPOREACCION2s_DIF						
<= 0.10	0					
0.11-0.15	5	-,4320	,52509	,23483	-1,0840	,2200
0.16-0.20	4	,2950	,24132	,12066	-,0890	,6790
0.21-0.24	5	-,0680	,21429	,09583	-,3341	,1981
>= 0.25	0					
Total	14	-,0943	,45074	,12046	-,3545	,1660

Tabla 100. Medias de variación de velocidad en función de las distintas concentraciones de alcohol en aire espirado entre 25-39 años

En cuanto al rango de edad comprendido entre 25 y 39 años, se proceda a estudiar los resultados obtenidos según la concentración de alcohol etílico en aire espirado y se observa una media de velocidad negativa bajo los efectos del alcohol (- 29,62 Km/h \pm 34,65 DT) en concentraciones entre 0,11 – 0,15 mg/L en aire espirado, significativo de un aumento de la velocidad CON ALCOHOL en individuos entre 25-39 años.

Se observa una media de la velocidad positiva bajo los efectos del etanol, a partir de concentraciones > 0,16 mg/L, indicativo de una disminución de la velocidad CON ALCOHOL siendo muy notable a partir de concentraciones \geq 0,25 mg/L (11,54 Km/h \pm 31,67 DT). Así como una disminución del tiempo de reacción en concentraciones < 0,15mg/L en aire espirado, aumentando de manera significativa a partir de concentración \geq 0,16mg/L en aire espirado.

25-39 AÑOS

ANOVA^a

		cuadrados	gl	cuadrática	F	Sig.
VELOCIDAD1Kmh_DIF	Entre grupos	7750,923	4	1937,731	2,382	,066
	Dentro de grupos	35793,540	44	813,490		
	Total	43544,463	48			
TIEMPOREACCIÓN2s_DIF	Entre grupos	1,180	2	,590	4,441	,039
	Dentro de grupos	1,461	11	,133		
	Total	2,641	13			

Tabla 101. Test de ANOVA. Diferencia de velocidad entre 25-39 años

A continuación se realiza una comparación de más de 2 medias paramétricas, mediante el test de ANOVA existe una diferencia estadística entre grupos:

- ✓ **Tendente a la significancia estadística ($p > 0,05$)** entre las medias de las variables de Diferencia de **Velocidad en edades comprendidas entre 25-39 años ($p = 0,066$)** después de la ingesta de alcohol etílico, indicativo de que existe un aumento de la velocidad con un error menor de un 10% lo que supone que sea tendente a la significancia a nivel global, ya que las diferencias son de más de un 90 % de confianza.
- ✓ **Significativa ($p < 0,05$)** entre las medias de las variables de Diferencia del **Tiempo de Reacción ($p = 0,039$)**, es decir, existe un aumento del tiempo de reacción CON ALCOHOL en edades comprendidas entre 25 y 39 años a partir de concentraciones $> 0,16$ mg/L en aire espirado, con **un error menor de un 5%**, lo que supone que se **muy significativo** con un **95% de confianza a nivel global**.

- ≥ 40 años

Descriptivos*							
		N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media	
						Límite inferior	Límite superior
VELOCIDADDECOLISIÓN1Kmh_DIF	<= 0.10	0					
	0.11-0.15	1	-54,0000				
	0.16-0.20	2	-110,0000	82,02439	58,00000	-846,9599	626,9599
	0.21-0.24	2	-6,0000	2,82843	2,00000	-31,4124	19,4124
	>= 0.25	0					
	Total	5	-57,2000	66,26613	29,63511	-139,4803	25,0803
VELOCIDAD3Kmh_DIF	<= 0.10	0					
	0.11-0.15	2	-5,9600	63,10221	44,62000	-572,9109	560,9909
	0.16-0.20	4	-11,2500	32,30029	16,15015	-62,6470	40,1470
	0.21-0.24	5	12,5080	24,09815	10,77702	-17,4138	42,4298
	>= 0.25	2	7,5050	7,38927	5,22500	-58,8849	73,8949
	Total	13	1,5869	30,17830	8,36995	-16,6496	19,8235

Tabla 102. Medias de variación de velocidad en función de las distintas concentraciones de alcohol en aire espirado en ≥ 40 años

En cuanto al rango de edad de individuos ≥ 40 años, se proceda a estudiar los resultados obtenidos según la concentración de alcohol etílico en aire espirado y se observa una media de velocidad negativa bajo los efectos del alcohol (- 11,25 Km/h \pm 32,30 DT) en concentraciones entre **0,16 – 0,20 mg/L** en aire espirado, significativo de un **aumento de la velocidad CON ALCOHOL en individuos ≥ 40 años.**

Se observa una media de la velocidad positiva bajo los efectos del etanol, a partir de concentraciones $> 0,21$ mg/L, indicativo de una **disminución de la velocidad CON ALCOHOL siendo muy notable a partir de concentraciones $\geq 0,25$ mg/L** (7,50 Km/h \pm 7,39 DT).

>40 AÑOS

ANOVA ^a		cuadrados	gl	cuadrática	F	Sig.
VELOCIDAD1Kmh_DIF	Entre grupos	8580,694	4	2145,173	2,614	.066
	Dentro de grupos	16411,563	20	820,578		
	Total	24992,257	24			

Tabla 103. Test de ANOVA. Diferencia de velocidad en ≥ 40 años

A continuación se realiza una comparación de más de 2 medias paramétricas, mediante el test de ANOVA existe una diferencia estadística entre grupos:

- ✓ **Tendente a la significancia estadística ($> 0,05$)** entre las medias de las variables de Diferencia de **Velocidad en edades ≥ 40 años ($p= 0,066$)** después de la ingesta de alcohol etílico, indicativo de que existe un **aumento de la velocidad** con un error menor de un 10% lo que supone que sea tendente a la significancia a nivel global, ya que las diferencias son de más de un 90 % de confianza.
- La **velocidad \uparrow** muy **notablemente** en concentraciones de **0,11 a 0,20 mg/L** en aire espirado.
- La **velocidad \downarrow** **notablemente** a partir de concentraciones **$\geq 0,21$ mg/L** en aire espirado.

V. DISCUSIÓN

5. Discusión

5.1 Estudio 1 (N= 121)

- El trabajo realizado en el año 2006 con 121 individuos se realiza para estudiar cuál era el estímulo que reaccionaba antes - visual o auditivo -. Se estudia la reacción de una persona ante un estímulo visual y otro auditivo de manera simultánea. Los resultado del mismo fueron los esperados: la pérdida de eficacia y un aumento del tiempo de respuesta en la tarea visual al realizar simultáneamente la tarea con percepción auditiva para toda la muestra en general (N=121).

- Se les grabó en video y se pudo observar que ante una pregunta compleja que les suponía un gran esfuerzo cognitivo, se producía una pérdida visual de fijación en la pantalla, lo que provocaba una parada voluntaria de realización de la prueba (lenguaje verbal y movimientos oculares) y con ello, un aumento de tiempo en realizar la misma.

- Cuando por el contrario, se les realizaba una pregunta sencilla que exigía un menor procesamiento cognitivo, el sujeto respondía de forma automática y con rapidez sin dejar de realizar la tarea visual. Con este estudio se pretendía simular la conducción de un vehículo a motor a la vez que se hablaba por un teléfono móvil. Este trabajo no tiene nada que ver con el estudio del alcohol etílico, ni con la conducción de vehículos a motor.

5.2 Estudio 2 (N= 20)

- En este estudio, se evalúa la alteración o variación de la AV y la respuesta de reacción pupilar, antes y después de la ingesta del alcohol; para estudiar cómo se vería influenciado en la conducción de un vehículo a motor un individuo bajo los efectos del alcohol etílico en pequeñas dosis permitidas dentro de la legalidad.

- La muestra a estudio es de 20 individuos, número preliminar muy bajo en relación con la muestra de 121 individuos que sirvió para validar el TRCAV. Este número tan ínfimo (N=20) en relación a la otra muestra del año 2006 (N=121), es debido a la dificultad de la prueba, ya que para el estudio de la misma fue necesario, por parte de los voluntarios, la ingesta de una dosis pequeña de alcohol ($< 0,25\text{mg/L}$ en aire espirado). Esta dosis era suficiente para permanecer durante un par de horas en estado de *atontamiento*, lo que dificultó el número de voluntarios para este estudio por el tiempo y los síntomas tras la realización del mismo, ya que la mayoría de los individuos a los que se les sugirió la realización del estudio, de manera voluntaria, trabajaban o tenían que conducir después de realizar la prueba de la ingesta de etanol.

- La duración del estudio, en su totalidad, venía a tardar aproximadamente entre 1 y 2 horas, desde que se realizaban todas las pruebas hasta la ingesta del alcohol etílico junto con el tiempo de espera hasta que llega la fase de absorción del alcohol, es decir, cuando el alcohol pasa a la sangre y comienza la fase de distribución y eliminación del mismo.

- La AV de cerca no se realizó y desde el punto de vista Optométrico es uno de los factores más relevantes a la hora de evaluar la reacción visual de un individuo bajo los efectos del alcohol, aunque sea en dosis mínimas permitidas por la ley, ya que afecta a la *acomodación*.

- Al realizar la prueba con el TRCAV se detecta un fallo en la prueba LAC debido al *factor aprendizaje*. No se diseñó otro programa con un número de preguntas mas elevado para aquellos individuos que les diera tiempo a contestar todas las preguntas no se les tuviera que volver a repetir las mismas y fueran siempre preguntas diferente, y así no se vieran influenciados por este “*efecto aprendizaje*”. Esto se pudo comprobar tanto en el estudio con los 121 individuos como en éste de 20 individuos con alcohol.

- Otro fallo notorio es que al TRCAV no se le puede comparar con la simulación de la conducción de un vehículo a motor. Lo ideal sería poder realizar el estudio con un simulador real de la conducción o realizar la prueba en un circuito cerrado y así poder conducir bajo los efectos de esa dosis mínima de alcohol y poder ver los resultados que realmente tiene la ingesta de alcohol etílico en dosis permitidas por la ley ($< 0,25$ mg/L en aire espirado), tanto a nivel de AV como reacción pupilar y tiempo de reacción ante un estímulo, el cual está influenciado por la AV puesto que el primer estímulo ante un obstáculo lo percibe el ojo.

- Tampoco se tomó en cuenta el grado de habituación al alcohol que pudiera tener cada individuo, ya que a mayor grado de habituación al consumo de alcohol, la destreza a la hora de realizar esta prueba u otras es mayor bajo estos efectos. Los individuos que no acostumbran a tomar alcohol a diario o nunca sí acusan estos síntomas, y los individuos que están acostumbrados a consumir dosis mínimas de alcohol etílico casi a diario no notan los síntomas en ingestas de alcohol pequeñas (uno o dos vasos de vino o cerveza).

5.3 Estudio 3 (N= 123)

A continuación, se aborda la discusión de los resultados más relevantes derivados de este estudio (N=123), los cuales se agrupan diferenciando las siguientes temáticas:

- AV lejana y cercana, respuesta pupilar, capacidad de reacción y velocidad.
- Parámetros utilizados para la elaboración de las distintas pruebas. Así como de los resultados obtenidos con dichos parámetros en los distintos grupos dentro de la muestra.
- Discusión de los resultados obtenidos del examen visual (AV y pupilas) en la muestra en estado basal (sin alcohol) y su comparativa tras la ingesta de alcohol (con alcohol).
- Discusión de los resultados obtenidos de las pruebas con el simulador de conducción en la muestra en estado basal (sin alcohol) y su comparativa tras la ingesta de alcohol (con alcohol).

En lo referente a esta investigación, en general, es un estudio novedoso que no se ha estudiado convenientemente hasta ahora en relación a la ingesta de alcohol etílico y la conducción de vehículos a motor en concentraciones bajas y/o dentro de la normativa vigente en España.

Asimismo, la literatura es escasa en lo concerniente a la relación que existe entre la conducción de vehículos a motor y el sistema visual (AV y respuesta pupilar) en estado basal (0,00 mg/L en aire espirado) y, la conducción de vehículos a motor y el sistema visual (AV y respuesta pupilar) bajo los efectos del alcohol en concentraciones $\leq 0,25$ mg/L en aire espirado.

5.3.1 RESPECTO A LA MUESTRA

Del estado del arte presentado en este trabajo se concluye que hay dos temas de especial interés en lo referente a la afectación del alcohol en la conducción de vehículos a motor dentro de la normativa vigente actual en España: el primero es la búsqueda de bases de datos, y el segundo es la investigación de métodos objetivos, para la determinación de afectación del grado de alcohol tanto en el sistema visual (AV y pupilas) como en la capacidad de reacción (tiempo de reacción) y variación de velocidad.

5.3.2 RESPECTO A LA NORMATIVA VIGENTE

Del estado del arte presentado en este trabajo se concluye como tema de especial interés en lo referente a la normativa vigente en España, en la regularización de la concentración de alcohol en aire espirado permitido en la conducción de vehículos a motor, la búsqueda de estudios científicos que avalen la “no afectación” en la conducción de vehículos a motor con la concentración de alcohol permitida ($\leq 0,25$ mg/L en aire espirado o su equivalente en 0,5 g/L en sangre).

Tanto en la Revisión Bibliográfica, como durante toda la exposición de los Materiales y Métodos, se citaron el diseño de las pruebas a realizar para establecer los objetivos de la creación de este estudio: el primero es la búsqueda de una base de datos de individuos; y el segundo es la investigación de métodos objetivos, para la determinación de la afectación visual y capacidad de reacción bajo los efectos del alcohol etílico en concentraciones permitidas por la Normativa vigente en España ($\leq 0,25$ mg/L en aire espirado o su equivalente en 0,5 g/L en sangre). Una de las principales ventajas de la base de datos resultante de este estudio, es que desde el inicio de la investigación

se diseñan todos los parámetros necesarios tanto para el estudio en lo referente al sistema visual como para el cognitivo-biomecánico; el decir, el objetivo principal del estudio de campo era encontrar comparar todas las pruebas realizadas tanto visuales como cognitivas-biomecánicas en estado basal- SIN ALCOHOL (0,00mg/L en aire espirado) y bajo el efecto del alcohol etílico en función del peso y el sexo en concentraciones inferiores o iguales a 0,25 mg/L en aire espirado.

Para ello se determinan los rangos de edad de los individuos a estudio así como, los rangos de las distintas concentraciones de alcohol en aire espirado sin sobrepasar lo permitido por la normativa vigente en España. Todos los sujetos para poder ser incluidos en el estudio deberían tener una edad mínima de 18 años. Este límite inferior para la muestra a estudio se establece por dos motivos:

- Simplifica el estudio desde una perspectiva legal y de consentimiento informado. Coincidiendo con la mayoría de edad legal.
- En este límite de edad, tanto en el hombre como en la mujer se determina la mayoría de edad entre la población en España para poder obtener el carnet de conducir vehículos a motor (B1) [57].

En cuanto al límite de edad superior, en España, la Ley vigente no establece ningún límite de edad para conducir, pero el carné está sometido a revisiones periódicas, debiéndose **renovar cada 10 años** hasta que el conductor cumpla 65 años y a partir de entonces tiene que ser renovado cada cinco años. En cuanto a los **carnets especiales o profesionales** tienen una vigencia de cinco años hasta que el titular cumpla los 65 años. A partir de entonces se tendrán que renovar cada tres años. Los conductores a partir de 65 años ven disminuidas sus funciones motoras, sensoriales y cognitivas, es decir, van perdiendo facultades y reflejos.

En cuanto a toda la normativa vigente en España y en el ámbito Internacional, se hace referencia a investigadores pero nunca a estudios científicos de investigación que avalen y describan las pruebas y procedimientos realizados para poder determinar y cuantificar cuál es la concentración mínima a la que se puede llegar a conducir un vehículo a motor sin tener ninguna afectación tanto visual como cognitiva, motora o sensorial. Según la Normativa Internacional (ANEXO C.1) [44], conviene adoptar la tasa máxima de alcoholemia inferior a 0,2 mg/ml en conductores sin experiencia, motoristas, conductores de vehículos de grandes dimensiones y de vehículos de transporte de mercancías peligrosas. Esta recomendación de la Comisión de 17 de enero de 2001, sobre la tasa máxima de alcoholemia permitida para los conductores de vehículos a motor hace referencia a las investigaciones que confirman el aumento de riesgo relativo de accidente de forma significativa con tasas de alcoholemia superiores a 0,5 mg/ml⁴ y que para el conductor medio, el riesgo relativo de verse implicado en un accidente, dentro de la franja de 0,5 a 0,8 mg/ml es aproximadamente dos veces superior al riesgo que corre un conductor con una tasa de alcoholemia equivalente a cero. Según estas recomendaciones, la Comisión propone adoptar una tasa máxima de alcoholemia inferior (0,2 mg/ml) para los conductores y motoristas que presentan un riesgo de accidente mucho mayor, ya sea por su falta de experiencia o por el tipo de vehículo que conducen. Esta tasa también será adecuada para los conductores de grandes vehículos de transporte de mercancías o de viajeros y para los conductores que transporten mercancías peligrosas, dado que el problema del alcohol al volante también es un problema de salud pública, a efectos del artículo 152 del Tratado, que establece la necesidad de garantizar un alto nivel de protección de la salud humana al definir y ejecutar todas las políticas y acciones de la Comunidad (ANEXO C.1).

Se intenta equiparar la Legislación Española a la Europea, con el fin de que las normas de conducción sean iguales en todos los estados de la Unión

⁴ 0,5 mg/ml = 0,5 [(1/1000)g / (1/1000)L] = 0,5 g/L (SI: Sistema Internacional)

Europea. La verdad es que la ley, tal como aparece en el BOE⁵, no es fácil de interpretar, se ha intentado plasmar los aspectos más relevantes de una forma práctica, estableciendo dos apartados, uno de consideraciones generales y otro de aspectos específicos. En ambos casos se establecen diferencias para los conductores no profesionales (G1) y los conductores profesionales (G2) [36]. Dentro de las consideraciones generales se hace un estudio del sistema visual donde se procede a medir tres factores principales. Uno de ellos es la AV tanto de lejos como de cerca. La AV es la más importante y donde se exige unos mínimos de forma más específica ya que mide la cantidad de visión en condiciones estáticas, asumiendo que lo ideal sería establecer la AV en condiciones dinámicas, tal como ocurre en la vida real. La AV se mide con o sin corrección y cuando se requiere la corrección óptica es obligatorio su uso durante la conducción, aunque sin ella se alcanzaran los mínimos que se especifican en la tabla del ANEXO IV. 1.Capacidad visual del citado BOE.

⁵ BOE: Boletín Oficial del Estado

5.3.3 RESPECTO AL SISTEMA VISUAL

A la hora de diseñar los parámetros de este estudio, se describen unas series de variables o parámetros importantes a estudio que tras los resultados obtenidos en el ESTUDIO 2 (N=20) se hacen necesarios tales como el análisis de la AV de cerca que no se realiza en este estudio y es necesario y relevante a la hora de conducir ya que afecta a la *acomodación*. Los efectos que produce el alcohol sobre la visión son importantes por su afectación en la *acomodación y la capacidad o velocidad para seguir objetos con la vista*, que se ven deteriorados con la afectación de alcohol, incluso en niveles bajos de alcohol en sangre. Bajo los efectos del alcohol el campo visual se reduce, se altera la visión periférica y se retrasa la recuperación de al vista después de la exposición al deslumbramiento (Gisbert, C. et al., 2004)[58]. Estos síntomas se describen en términos generales. En la MG de este estudio los síntomas y signos que se observan en concentraciones inferiores o iguales a 0,25 mg/L en aire espirado en cuanto a la respuesta o reacción pupilar ante un estímulo de luz son una irritación y sufusión conjuntival leve, así como, unas pupilas más midriáticas en el 100% de la muestra. Existe un aumento del diámetro pupilar altamente significativo ($p=0,000$) en ambos ojos tras la ingesta de etanol a bajas concentraciones ($\leq 0,25$ mg/L aire espirado), observando un aumento notable por rangos de edad entre 18 y 40 años, siendo significativo ($p= 0,05$) en edades ≥ 40 años un aumento menor del diámetro pupilar que en el resto de edades.

El diámetro pupilar en estado basal (0,00 mg/L en aire espirado) es un componente estático de la respuesta pupilar regido por los núcleos de Edinger-Westphal (EW) que modulan la respuesta pupilar dependiendo de unas proyecciones inhibitorias de ciertas áreas corticales (primarias y secundarias en un mecanismos de feedback) que les conducen a reducir la fuerza de sus impulsos eferentes pupiloconstrictores hacia el músculo esfínter del iris,

provocando así pupilas con un tamaño de diámetro medio en lugar de pupilas continuamente mióticas, cuando el ser vivo se encuentra en reposo (Mukherjee et al., 2007) [61]. Este proceso se pone en evidencia en el rango de edades ≤ 40 años, según los resultados obtenidos en esta investigación que ponen de manifiesto una reducción significativa del tamaño pupilar en edades superiores a 40 años (40-63 años) acusado bajo los efectos del alcohol etílico en concentraciones $\leq 0,25$ mg/L en aire espirado.

Las pupilas midriáticas o grandes degradan la calidad de la imagen y disminuyen, por tanto la AV. En pupilas pequeñas, sin embargo, se minimiza el efecto de las aberraciones y se obtiene una máxima AV. Por lo que una pupila midriática en condiciones escotópicas al aumentar el tamaño del diámetro pupilar existe una disminución de la agudeza visual, lo cual puede ocasionar cierta inseguridad en el caso de la conducción nocturna de vehículos a motor. Por lo que no se ha tenido en cuenta ni se ha considerado a la hora de la elaboración de la normativa actual y vigente Real Decreto 772/1997, de 30 de mayo, modificado por el Real Decreto 1598/2004, de 2 de julio.

En condiciones de baja luminancia aparece la miopía nocturna, cuyos valores medios suelen estar entre -0,5 y -1,0 D. Considerando una miopía nocturna de -0,5D, en un individuo con la un AV fotópica al límite en 0.5, o lo que es igual una disminución de un 15%-20% de la A.V., lo cual equivale a una A.V. de 0,4, que es bastante deficiente para poder leer los carteles con antelación.

En este estudio de investigación, tras examinar el tamaño pupilar de todos los casos a estudio, según los resultados obtenidos, se clasifican por el tamaño pupilar tras la ingesta de alcohol en concentraciones $\leq 0,25$ mg/L en aire espirado el tipo de pupilas, siendo un 74% pupilas isocóricas, un 7% pupilas anisocóricas, un 12% pupilas mióticas y un 7% pupilas midriáticas. Se obtiene

una **mejoría de la AV** significativa ($p < 0,05$) **entre los individuos que presentan unas pupilas mióticas-isocóricas** y los individuos que presentan unas pupilas midriáticas-isocóricas tras la ingesta de etanol a estos niveles de concentración, en condiciones fotópicas.

Del estudio del arte presentado en este trabajo de investigación, tras consultar tanto la parte de Legislación como la parte científica, no se ha encontrado ningún estudio similar desarrollado en el ámbito de la afectación del etanol en la conducción de vehículos a motor con especial referencia al sistema visual, dentro de los parámetros que marca la normativa vigente en España, es decir, la realización de algún estudio que determine que la ingesta de etanol en concentraciones $\leq 0,25$ mg/L en aire espirado (0,5 g/L en sangre) no suponen ningún riesgo a la conducción de vehículos a motor o qué tipo de afectación, en el caso de que hubiere, se ha podido encontrar para determinar la misma.

Se habla de investigadores y de síntomas y signos de los individuos tras la ingesta de etanol en concentraciones bajas como 0,3 g/L en sangre (Gascón, P. y Piga, J. 1994) [62] presentando una pequeña disminución de la rapidez de respuesta motora, como una disfunción visual mínima en concentraciones de 0,15 mg/L en sangre, así como en concentraciones entre 0,3 y 0,5 g/L en sangre presentan una disminución de las capacidades reflejas y motoras necesarias para tareas de atención como la conducción, así como, signos objetivos de locuacidad, pérdida progresiva de las inhibiciones, risa fácil y alteraciones sensoriales sin especificar qué tipo de pruebas se han realizado para poder llegar a dichas conclusiones.

Existen estudios previos que han tratado de encontrar asociaciones entre diversas variables medidas de forma objetiva y el consumo de alcohol, demostrándose que el consumo de alcohol reduce las capacidades de un número importante de variables visuales, tales como el campo visual (CV), la

acomodación y la convergencia (Hill y Toffolon, 1990) [63], así como se han demostrado una asociación entre nivel altos de concentración de alcohol etílico en sangre con niveles reducidos de la actividad en el lóbulo frontal (Domingues et al., 2009) [64]. Así como otros estudios de investigación sobre la fisiología del individuo ebrio que han demostrado una reducción de las sensaciones de frío en ambientes de temperatura templada cuando se consumen dosis moderadas de etanol (Yoda et al., 2008) [65].

Se ha investigado, además, el grado de acuerdo entre el nivel de alcohol y los registros de signos de ebriedad observables dentro de contextos sociales determinados, especialmente en grupos de tamaño de 4 ó 5 personas, discriminando a aquellos con una concentración por debajo y por encima de los 0,20 mg/L en aire espirado (McKnight, Langston, Marques y Tippetts, 1997) [66]. Este mismo equipo de investigadores logran aislar el nistagmo horizontal como la medida fisiológica más fiable par distinguir concentraciones iguales a 0,20 mg/l en aire espirado (McKnight, Langston, Marques y Lange, 2002) [67]. En concreto este estudio en comparativa con esta investigación realizada en concentraciones $\leq 0,25$ mg/L en aire espirado, **no se ha encontrado ningún hallazgo de que exista en concentraciones iguales a 0,20 mg/L ni en concentraciones $\leq 0,25$ mg/L en aire espirado ningún indicio de nistagmo horizontal** cuando se les realiza la prueba del “cover test” con el ocluser traslúcido **bajo la ingesta de alcohol etílico** a los individuos de toda la muestra a estudio (N=123). Esta prueba se realiza para determinar la presencia o ausencia de la habilidad fusional motora del individuo. Si existe fusión motora, por ejemplo cuando no hay estrabismo, el “cover test” determina la magnitud de la demanda que toma lugar en el sistema de vergencia fusional, relacionado tanto con la acomodación como con el mecanismo fusional [68].

Para evaluar la presencia y magnitud de una foria o tropia, se muestra al sujeto un punto lejano y se le ocluye el OD se deja unos tres segundos y rápidamente tras destapar el OD y ocluir el OI, en ese instante, se observa el

OD para detectar desviaciones (siempre impidiendo la visión binocular); se vuelve a repetir exactamente igual con el OI. Se observa y se anotan las anomalías de los diferentes tipos de forias⁶ en el caso de que las hubiera. Tras el estudio de todas las pruebas realizadas al respecto, no se aprecia ningún caso en el que aparezca algún movimiento involuntario tanto horizontal o vertical, ligero y constante (como temblor) relacionado con el nistagmus, salvo un caso de un individuo que presenta una exoforia en AO por intervención quirúrgica de estrabismo que se acusa únicamente tras la ingesta de alcohol, ya que en estado basal no se aprecia ningún signo, no siendo significativo.

En la bibliografía consultada, hasta ahora, no se ha podido demostrar métodos de registro objetivos que superen o, al menos, complementen el diagnóstico resultante de la etilometría. Hasta la actualidad, el consumo de alcohol, no ha sido sistemáticamente estudiado desde el punto de vista de su efecto sobre las respuestas pupilares en concentraciones $\leq 0,25$ mg/L en aire espirado (bajas concentraciones de alcohol etílico). El resultado de esta investigación en lo que se refiere a respuesta pupilar, relaciona claramente el incremento del diámetro pupilar basal (0,00 mg/L en aire espirado/ SIN ALCOHOL) con los resultados CON ALCOHOL ($\leq 0,25$ mg/L en aire espirado), dando lugar a la media en la diferencia de diámetro entre el estado basal de 3,85 mm con una DT de $\pm 0,06$ mm, y tras la ingesta de alcohol etílico en concentraciones $\leq 0,25$ mg/L en aire espirado de 5,03 mm con una DT de $\pm 0,76$ mm, con un incremento del diámetro pupilar en AO en toda la muestra a estudio de 1,15 mm con una DT de $\pm 0,70$ mm tras la ingesta de etanol. Se han encontrado estudios realizados en sujetos sanos y en sujetos afectados por el alcoholismo que no están en la línea de este estudio (Rubin, L. S et al., 1977) [69]. Cierta evidencia reciente indica que lo informativo en algunas intoxicaciones con sustancias psicotrópicas no es solo el diámetro pupilar basal, sino algunas anomalías en la curva de reflejo pupilar a la luz (RPL), conjuntos de elementos clave que parecen asociarse a un mayor consumo de droga (Yanagawa, et al., 2010) [70], es decir, ya que en otros estudios se han

⁶ Tipos de forias: ortoforia, endoforia, exoforia, hiperforia, hipoforia, cicloforia y nistagmus

observado la reacción pupilar así como el RPL con ingestas de distintos psicotrópicos a parte del alcohol, es decir con individuos que tenían una historia de abuso de drogas, por lo que no se puede tomar como referencia ya que puede suponer una variable de confusión sobre la variable dependiente (el alcohol) (Pickworth y Murillo, 2007) [71] (Rubin et al., 1977) [72].

En lo referente a la agudeza visual, una óptima AV es necesaria para poder identificar los peligros potenciales que se presentan durante la conducción de vehículos a motor, por ello se evalúan los dos tipos de medidas de AV: la estática (parámetro que se mide en los exámenes psicofísicos que se realizan para obtener la licencia de conducción) y la **dinámica**, medida que es muy sensible en las tareas de conducción y muy importante a la hora de desarrollar una conducción segura (Chen y McMahan, 2006)[59],[60].

La agudeza visual dinámica (AVD) consiste en la capacidad de reconocer detalles de un estímulo cuando existe un movimiento relativo entre el observador y el estímulo observado (Cline et al,1980) [73]. Están implicados en esta habilidad visual elementos relacionados con la velocidad y el desplazamiento, aspectos que son inherentes a la conducción. Para el desarrollo de una adecuada AVD es necesario que el sistema oculomotor trabaje adecuadamente y tener una agudeza visual estática (AVE) estándar.

Diversos autores coinciden en afirmar que la AVD constituye una medida superior a la AVE como parámetro que valora el rendimiento visual en la vida real (Burg, 1966; Committee on Vision National Research Council 1985,) [74],[75]. La valoración de la AVE ofrece información sobre umbrales de resolución en situaciones estáticas, sin embargo, la mayoría de tareas cotidianas no se realizan normalmente en situaciones ausentes de movimiento y por tanto la AVE puede que no proporcione una representación real de las demandas visuales en estas situaciones (Banks et al., 2004) [76].

La AVD es una habilidad visual que consiste en la capacidad de resolución de un estímulo en movimiento, está íntimamente relacionada con la AVE. Según Plou (citado por Fernández et al., 2007) [77] es frecuente que una mala AVE prediga una mala AVD pero no siempre una buena AVE va a ser predictiva de una buena AVD. Las conclusiones a las que llegan Nakasuka et al. (2006) [78] van en esta línea, dado que sus resultados indican que los errores refractivos afectan la AVD, de modo que una AVE disminuida limita la AVD.

Varios estudios han demostrado que existe una baja correlación entre AVD y AVE en sujetos que tienen AVE 20/20 (Burg, 1966 [75]; Miller y Ludvigh, 1962 [79]). Además, se ha comprobado que esta correlación disminuye a medida que aumenta la velocidad del estímulo (Burg y Hulbert, 1961 [80]). La velocidad angular a partir de la cual aparece este deterioro es de aproximadamente 50°/seg. (Miller y Ludvigh, 1962 [81]) ó 60°/seg. (Hulbert et al., 1958 [82]). Recientemente, Quevedo (2007) [83] comprueba que la correlación entre AVE y AVD a una velocidad de desplazamiento del estímulo de tan solo 5'74°/seg es del 64%. A la vista de los datos ofrecidos por la investigación, una baja correlación entre AVE y AVD a velocidades altas y moderadas, indicaría que es poco probable que la AVE pueda ser considerada un valor predictivo del rendimiento visual en la conducción.

Una óptima AVD contiene un componente importante relacionado con la eficacia del sistema oculomotor, ya que los movimientos oculares desempeñan un papel importante en la detección de un estímulo en movimiento (Banks et al., 2004) [84]. Durante este proceso dinámico de la visión, el cerebro manda un mensaje a los músculos extraoculares, causando la inervación apropiada para colocar y mantener la imagen del objeto en la vecindad de la fóvea durante un periodo de tiempo suficientemente largo que permita la resolución del detalle (Loran y MacEwen, 1995) [85]. La velocidad máxima a la cual un

estímulo móvil puede ser seguido correctamente por los ojos es de aproximadamente 30°/seg (Rouse et al., 1988) [86] o 40°/seg (Committee on Vision, National Research Council, 1985) [74]. Los movimientos oculares de seguimiento son los responsables de mantener la fovealización del estímulo en este movimiento de rastreo. El 80% de la información que se precisa para conducir es recibida a través de la visión y, por tanto, es necesaria una correcta función visual para el adecuado desarrollo de la tarea. Posibles alteraciones en la visión pueden comprometer la captación adecuada de estímulos, procesamiento de la información, detección de eventos súbitos potencialmente peligrosos, toma de decisiones y respuesta psicomotora (Ozcoidi et al., 2002) [87].

La conducción exige del desarrollo de ciertas habilidades visuales que garanticen una eficaz recogida de la información. Es por tanto necesario estudiar la función visual de los conductores para comprobar que la visión no comprometa su seguridad. Los profesionales del cuidado de la visión deben señalar la importancia de mantener unas capacidades visuales suficientes para la conducción.

En la evaluación específica de la función visual en la conducción es aconsejable valorar la AV. Una óptima AV es necesaria para poder identificar los peligros potenciales que se presentan durante la conducción. La AVE aun siendo un parámetro implantado en los exámenes psicofísicos que se realizan para obtener las licencias de conducción, no tiene una gran validez en este campo. La medida de la AVD es mas sensible en las tareas de conducción y parece mas predictiva de una conducción segura que la AVE (Chen y McMahan, 2006) [60]. Las alteraciones en el campo visual (CV) tienen una trascendencia en los accidentes de tráfico, sobre todo cuando está unida a condiciones adversas como puede ser la afectación de sustancias tóxicas como el alcohol, así como la fatiga y la baja iluminación (Ozcoidi et al., 2002) [87]. Bowers et al. (2005) [88] encontraron en conductores con suaves o

moderadas restricciones, que podían tener afectadas habilidades específicas en la conducción que están relacionadas con la realización de maniobras en las que un CV amplio parece ser importante. Los defectos en el CV parecen estar relacionados con el rendimiento en la conducción, se observan importantes diferencias entre sujetos (Racette y Casson, 2005) [89]. La sensibilidad al contraste, según las condiciones o situaciones de iluminación mesópica y escotópica (Menéndez, 2004) [90], siendo esta disminuida, puede ir acompañada de un aumento del deslumbramiento (Miller, D., 2003) [91] y por tanto de una cierta incapacidad en la conducción, sobre todo cuando se ve alterada por la ingesta de alcohol pudiendo ocasionar deslumbramientos debido a la sufusión conjuntival y fotofobia. En comparativa con esta investigación sí se han encontrados signos de sufusión conjuntival y fotofobia en concentraciones $\leq 0,25$ mg/L en aire espirado, en condiciones fotópicas (a plena luz del día). El CV visual no se ha valorado luego no se puede tener en este estudio, salvo la sintomatología expresada por todos los individuos de la muestra a expresar una sensación de visión central dejando en un segundo plano la visión periférica.

Desde el punto de vista optométrico, uno de los objetivos de este estudio es analizar la eficacia y precisión del sistema visual sin alcohol y con alcohol, es decir, en estado basal (0,00mg/L en aire espirado) y bajo los efectos del alcohol etílico en concentraciones permitidas por la normativa vigente en España ($\leq 0,25$ mg/L en aire espirado). Por lo que resulta necesaria la realización de una evaluación optométrica completa, prestando atención a la AV tanto de lejos como de cerca, a la respuesta o reacción pupilar ante un estímulo de luz y a la variación del diámetro pupilar. Los factores que influyen en la AVD son la luminancia⁷ e iluminancia⁸ a la que se realizan las pruebas tanto optométricas como las realizadas con el simulador de conducción, ya que mejora al aumentar la luminancia. Así como el tiempo de exposición del

⁷ Luminancia (β): medida de flujo luminoso emitido o reflejado por unidad de área de un manantial o de una superficie reflectante, que se mide por unidad de área de una superficie fotosensible

⁸ Iluminancia (E): cantidad de flujo luminoso que incide sobre una superficie por unidad de área de superficie, y puede especificarse en pies-candelas

estímulo, es decir, a menor tiempo de exposición menor AVD (Elkin, 1962 [92]; Miller, J.W., 1959 [93]). La dilatación pupilar puede afectar negativamente en la conducción produciendo deslumbramiento. Recientemente se ha valorado como el tamaño pupilar puede modificar la AVD, obteniendo como resultados que el diámetro pupilar es un factor que afecta en la medición de la AVD, de manera que a mayor diámetro pupilar mejor AVD (Ueda et al. 2006 y 2007) [94],[95]. Según varios estudios, el consumo de drogas produce una disminución en la AVD (Schmäl et al. 2000) [96] en el que se comprueba que la ingesta de alcohol etílico no producía cambios en la AVE pero sí en la AVD. Este hecho estaría explicado por el efecto negativo que el alcohol produce sobre el sistema oculomotor. Honegger, Kampschulte y Klein (1970) [97] observaron que la AVD se veía significativamente reducida durante la difusión del alcohol por el organismo, que la mayor caída de la AVD se producía a la media hora de haber bebido y en algunos sujetos esta disminución era apreciable con niveles en alcohol en sangre de tan solo 0,02.

La pruebas que se realizan en este estudio de investigación no pueden ser comparadas con estos estudio ya que en ningún momento mide al AVD, sino la AVE.

En cuanto a la medida y análisis de la agudeza visual, tanto de lejos (AVL) como de cerca (AVC), los sujetos a estudio presentan una variación de la misma en estado basal (0,00mg/L en aire espirado) y tras la ingesta de alcohol etílico en concentraciones inferiores o iguales a 0,25 mg/L en aire espirado, concentraciones permitidas en la normativa vigente en España que como ya hemos comentado no se ajustan a un estudio científico que avale que a estas concentraciones existe o no afectación visual que hagan de un individuo con estos niveles de alcohol en aire espirado que la conducción de un vehículo a motor se vea o no afectada, ni merme sus capacidades visuales y de atención.

Se analizan los resultados obtenidos con el TRCAV, programa informático que no se puede comparar con un simulador de conducción de un vehículo a motor, por lo que se diseña el estudio para realizar las pruebas con el simulador de conducción SCAM 0603 (detallado en el capítulo III de Material y Métodos).

En cuanto a la agudeza visual, según los resultados obtenidos tanto en visión cercana (AVC) como en visión lejana (AVL), existe una afectación tras la ingesta de alcohol etílico en concentraciones $\leq 0,25$ mg/L en aire espirado. Estos resultados coinciden con los resultados de Gascón, P. y Piga, J. (1994) en las tablas publicadas por el Instituto Nacional de Toxicología de Madrid que hacen alusión al comienzo de una disfunción visual mínima con concentraciones de alcohol en sangre de 0,15 g/L. Según el análisis de los resultados obtenidos en este estudio de investigación, se ve una afectación **muy significativa** ($p < 0,01$), con una **disminución de la AVC tanto en la visión monocular como binocular** (Tabla 50) y, una **disminución de la AVL binocular tendente a la significancia** ($p > 0,05$). Así como en la AV en visión próxima se ve una afectación a estos niveles de concentración de alcohol etílico en aire espirado ($\leq 0,25$ mg/L) con una disminución de la misma, en la AV monocular en visión lejana esta afectación corresponde con un **aumento significativo** ($p < 0,05$) de mejora de agudeza visual **según el ojo fijador**. Del total de la muestra estudiada, un 69,10% corresponden a 85 individuos que tienen como ojo fijador o directriz el OD, frente a un 30,90%, que corresponde a 38 individuos que tienen como ojo fijador o directriz el OI.

Según el sexo de la muestra a estudio, se observa una única variable significativa en la AV binocular cercana AV(C), con una media de $0,028 \pm 0,0826$ DT en los 80 hombres y otra media de $0,000 \pm 0,0535$ DT que corresponde a las 43 mujeres, indicativo de que hay diferencias entre ambos sexos. Comparadas estadísticamente estas dos medias indicadas (0,028 vs 0,000), se observa una **disminución significativa** ($p < 0,05$) **de AV binocular en visión cercana** en

mujeres frente a los hombres tras la ingesta de etanol en estas concentraciones a estudio. Indicativo de que existe una mayor afectación en mujeres que en hombres - a nivel visual - en concentraciones $\leq 0,25$ mg/L en aire espirado.

Para poder determinar con exactitud a qué concentración de alcohol en aire espirado empieza a haber una afectación en la agudeza visual, se realiza un estudio según el grado de concentraciones de alcohol en aire espirado y se acota en concentraciones: $\leq 0,10$ mg/L, entre $0,11$ mg/L y $0,15$ mg/L, entre $0,16$ mg/L y $0,20$ mg/L, entre $0,21$ mg/L y $0,24$ mg/L, y $\geq 0,25$ mg/L. Se estudia toda la MG según estos rangos de concentraciones de alcohol en aire espirado siendo las medias de las Diferencias de AVC binocular (TABLA 55) negativas en los **emétropes**, lo que supone un **aumento de visión binocular tras la ingesta de alcohol en concentraciones $< 0,15$ mg/L en aire espirado** ($p= 0,049$), de manera significativa ($p<0,05$). Se observa a partir de concentraciones $> 0,16$ mg/L en aire espirado (Tabla 55 y 56) que existe una alteración de la AV binocular de cerca, con un **empeoramiento** de ésta estadísticamente significativa ($p<0,05$), siendo notablemente mayor la afectación de disminución de la AV binocular cercana en concentraciones $\geq 0,21$ mg/L en aire espirado, (Tabla 57).

En cuanto a la **AVC monocular**, según el **ojo fijador**, en individuos **emétropes** existe una **mejora** del ojo fijador con concentraciones de alcohol etílico $\leq 0,10$ mg/L en aire espirado, empezando a haber una **disminución** de la AVC monocular a partir de concentraciones $> 0,11$ mg/L en aire espirado, siendo notablemente mayor la pérdida de AVC monocular en concentraciones $\geq 0,21$ mg/L en aire espirado.

Una vez estudiadas las medias de las variables de Diferencia de variación de AV monocular según el ojo fijador, con la ingesta de alcohol en la muestra estudiada ($N=123$), se puede llegar a la conclusión que, ésta varía de forma significativa ($p<0,05$) según la ametropía siendo más notable el aumento de AV

de lejos del ojo fijador (OD en la muestra a estudio) en los amétropes que en los emétropes (Tabla 52). Este aumento de AV en visión lejana del OD (ojo fijador), aparece en los estudios de medias de las Diferencias de AV de toda la MG.

Según los resultados obtenidos, se analizan los mismos según el tipo de ametropías que presentan los distintos individuos de la muestra a estudio, correspondiendo un 56,10% de la muestra a amétropes (69 individuos), frente a un 43,90% emétropes (54 individuos). Se afina mas el estudio y se analizan los 56,10% de individuos que presentan alguna ametropía según el tipo, obteniendo: un 30,90% de Miopes (38 individuos), un 3,30% de Hipermetropes (4 individuos), un 6,50% de Prébites (8 individuos) y un 15,40% Astígmata (19 individuos).

Se analiza la AV tanto de lejos como la AV de cerca según el tipo de ametropías. Se realiza una comparación de 2 medias paramétricas existiendo una diferencia estadística significativa ($p < 0,05$) entre grupos, entre las medias de las variables de Diferencia de **AV monocular de cerca en el ojo no fijador** (OI de la muestra a estudio) con alcohol, indicativo de una **disminución de AV de cerca en el ojo no fijador** (OI de la muestra a estudio) entre los cuatro grupos de ametropías. En lo referente al ojo fijador, existe una diferencia tendente a la significancia estadística ($p > 0,05$) en la Diferencia de AV de lejos del ojo fijador (OD de la muestra a estudio) después de la ingesta de alcohol etílico, indicativo de una pequeña disminución de AV de lejos del ojo fijador (OD) entre los cuatro grupos de ametropías. Para identificar qué grupos son diferentes o similares en contrastes paramétricos de mas de 2 grupos, se realiza el **test de pruebas post-hoc**, en concreto el **test de Duncan** para analizar si la diferencia mínima cambia entre los pasos, es decir analizar los tramos o subgrupos par ver si existe diferencia estadística; según el Test de Duncan existe una diferencia estadística entre las medias y se observa que existe un notable **aumento de AV monocular en visión lejana del ojo fijador** (OD de la muestra en general), tras la ingesta de alcohol etílico, en el **astígmata y en el miope** en relación con el resto del grupo, así como una **pérdida de AV monocular en visión cercana del**

ojo fijador (OD de la muestra en general), tras la ingesta de alcohol etílico, en el **hipermétrope** en relación con el resto del grupo. En lo referente al ojo no fijador, existe un **aumento** de AV monocular en visión cercana del ojo no fijador (OI de la muestra a estudio), tras la ingesta de alcohol etílico, en el **présbita** en relación con el resto del grupo.

Esta **pérdida de AV en visión cercana tras la ingesta de alcohol etílico, en individuos hipermétropes se debe a la afectación de la acomodación** (Gisbert, C. et al., 2004) que tras la ingesta de etanol se ve mas perjudicada que el resto de ametropías. En lo referente al **aumento de AV de cerca en los présbitas está relacionada a la relajación del músculo ciliar debido a los efectos del alcohol etílico que a estas concentraciones $\leq 0,25$ mg/L en aire espirado, hace que se relaje y acomode proporcionando un mejor agudeza visual cercana a los présbitas.**

5.3.4 RESPECTO A LA CAPACIDAD DE REACCIÓN

En la conducción, debido al continuo desplazamiento y la enorme cantidad de procesos que se ponen en juego, se exige una gran velocidad en el procesamiento de la información, e incluso, una correcta anticipación sobre la acción a realizar. Una vez analizada toda la información, el sujeto debe tomar una decisión sobre como actuar. El alcohol es una sustancia de efectos neuronales fundamentalmente depresivos o narcóticos.

Con altas concentraciones de alcohol en sangre se puede producir incluso un bloqueo total de la conducción de impulsos. El alcohol bloquea la conducción de los nervios periféricos y deprime el Sistema Nervioso Central (SNC) haciendo que la capacidad de integración de la información, el procesamiento de ésta y la toma de decisiones que precede a todo ello se vean afectadas. En ese sentido resaltar los efectos negativos que tiene el consumo agudo de alcohol sobre esas capacidades y sobre otras funciones cognitivas necesarias (Equipo técnico Aplitec T&T).

Del estado del arte presentado en este trabajo de investigación, tras consultar tanto la parte de Legislación como la parte científica, se han encontrado referencias a cerca de la capacidad de reacción y afectación del etanol en la conducción de vehículos a motor, algunos dentro de los parámetros que marca la normativa vigente en España, es decir, estudios que determinen que la ingesta de etanol en concentraciones $\leq 0,25$ mg/L en aire espirado (0,5 g/L en sangre) suponen ningún riesgo a la conducción de vehículos a motor y el tipo de afectación.

A la hora de diseñar los parámetros de este estudio, se describen unas series de variables o parámetros importantes a estudio que tras los resultados

obtenidos en el ESTUDIO 2 (N=20) se hacen necesarios tales como el análisis del tiempo de reacción y la variación de velocidad que no se realiza en este estudio y es necesario y relevante a la hora de conducir ya que afecta a la capacidad de respuesta e influye en la distancia de frenada, ya que a mayor reacción menor tiempo y por consiguiente menor distancia de reacción.

Una variable muy importante de este estudio y fundamental en esta investigación es el **tiempo de reacción**. Tiempo que va desde la llegada del estímulo (eferencia) hasta el inicio de la ejecución de la respuesta (aferencia). Cuando una persona tiene que realizar alguna acción en respuesta a un dado estímulo (visual, auditivo, táctil), transcurre un cierto tiempo entre la recepción del estímulo y la ejecución de la acción. Este intervalo de tiempo se conoce como *tiempo de reacción de una persona* (D.A. WARDLE, Phys. 1998). El tiempo que tardamos entre la percepción del estímulo y la respuesta motora es el tiempo de reacción (los comúnmente denominados “reflejos”). Esto sucede, por ejemplo, cuando una persona que conduce un vehículo tiene que frenarlo luego de visualizar un obstáculo en el camino (*Tiempo de reacción simple*). Estas demoras en la reacción están reguladas por dos efectos. El primero es el tiempo de tránsito del estímulo en los órganos sensible correspondientes (ojo, oído, etc.). El segundo tiene que ver con el tiempo que pasa entre los impulsos nerviosos y el movimiento de los músculos. Dentro del tiempo de reacción debemos distinguir entre *el tiempo de llegada del estímulo* y *el tiempo de decisión*. En el caso del tiempo de llegada al estímulo si es visual es instantáneo, es el tiempo que tarda en llegar el estímulo a los sentidos de la persona. Sin embargo el tiempo de decisión no es tan rápido, ya que una vez que el estímulo llega al cerebro existe un tiempo en decidir cómo reaccionar ante ese estímulo y en generar una respuesta. Es evidente que a mayor cantidad de variables de estímulo y respuestas posibles, aumenta el tiempo de decisión, y también es más fácil equivocarse. Estos dos tiempos conforman el llamado “tiempo de reacción” que suele oscilar entre 0,5 y 1,5 segundos.

Tras definir las variables a estudio, se realiza un estudio comparativo paramétrico para dos medias longitudinales (EL ANTES Y EL DESPUÉS), una en estado basal (0.00mg/L en aire espirado) y otra tras la ingesta de alcohol etílico (en función del sexo y peso) en concentraciones a distintas medidas, realizadas a distintos tiempos: 15, 30, 40, 50 y 60 minutos respectivamente (fase de absorción hasta la fase de distribución del alcohol en sangre).

Tras examinar los resultados obtenidos en las distintas pruebas de conducción realizadas con el simulador de conducción de vehículos a motor (detalladas en el capítulo 3 Material y Métodos) y una vez analizada la MG en los distintos recorridos por los escenarios de Autopista, se observa que la media del **tiempo de reacción** en concentraciones $\leq 0,25$ mg/L en aire espirado (**CON ALCOHOL**), en la MG **es menor** ($1,74s \pm 3,31$ DT) que la media del tiempo de reacción en estado basal (0,00 mg/L en aire espirado) (SIN ALCOHOL), ($4,09s \pm 10,62$ DT). La media de la **distancia de frenado CON ALCOHOL** en la MG **es mayor** ($71,81 \text{ m} \pm 36,46$ DT) que la media de distancia de frenado SIN ALCOHOL ($56,07 \text{ m} \pm 40,38$ DT).

Según el análisis de los resultados obtenidos en este estudio de investigación, se ve una afectación **muy significativa** ($p < 0,01$), con un **aumento** de la **distancia de frenado** después de la ingesta de alcohol etílico, en concentraciones $\leq 0,25$ mg/L en aire espirado, con un error menor de un 1%, lo que supone que sea altamente significativo a nivel global, ya que las diferencias son de más de un 99% de confianza. Tras examinar los resultados obtenidos en las distintas pruebas de conducción realizadas con el simulador de conducción de vehículos a motor y una vez analizada la MG (Tabla 67) en los distintos recorridos por los escenarios de Frenado Impuesto, se observa que el tiempo de reacción en las tres pruebas realizadas bajo la ingesta de alcohol (CON ALCOHOL) es menor que el tiempo de reacción en estado basal (SIN ALCOHOL), así como la distancia de frenado aumenta CON ALCOHOL, es decir

recorren más metros para parar el vehículo bajo los efectos del alcohol que sin alcohol. Se estudian la media del tiempo de reacción, la media de la distancia de reacción y la media de distancia de frenada en las tres pruebas realizadas (Tabla 68), y se obtiene que la media del **tiempo de reacción CON ALCOHOL** ($\leq 0,25$ mg/L en aire espirado) en la MG, de las tres pruebas realizadas, **es menor** (**$0,64 \text{ s} \pm 0,27 \text{ s DT}$**) que la media del **tiempo de reacción SIN ALCOHOL**, de las tres pruebas realizadas (**$0,66 \text{ s} \pm 0,16 \text{ s DT}$**), la media de la **distancia de reacción CON ALCOHOL** ($\leq 0,25$ mg/L en aire espirado) en la MG, de las tres pruebas realizadas, **es menor** (**$16,60 \text{ m} \pm 6,59 \text{ m DT}$**) que la media de la **distancia de reacción SIN ALCOHOL**, de las tres pruebas realizadas (**$17,50 \text{ s} \pm 6,09 \text{ s DT}$**), y la media de la **distancia de frenado CON EL ALCOHOL** ($\leq 0,25$ mg/L en aire espirado), de las tres pruebas realizadas, **es mayor** (**$39,38 \text{ m} \pm 5,43 \text{ m DT}$**) que la media de distancia de frenado SIN ALCOHOL (**$38,78 \text{ m} \pm 4,12 \text{ m DT}$**).

Se realizan pruebas de rango no paramétricas para comparar la mediana de dos muestras relacionadas y determinar si existen diferencias entre ellas. Tras examinar el procesamiento de todos los casos a estudio ($N=123$), en cuanto a la capacidad de reacción aplicando la prueba de Wilcoxon, se obtienen diferencias estadísticas **muy significativas** (**$p < 0,01$**) en la **distancia de frenado CON ALCOHOL** ($\leq 0,25$ mg/L en aire espirado) ($z = -2,477$, $p = 0,013$) (TABLA 65), lo que corresponde con un **aumento después de la ingesta de alcohol etílico**, con un error menor de un 1%, lo que supone que sea altamente significativo a nivel global, ya que las diferencias son de mas de un 99% de confianza, y **altamente significativas** (**$p < 0,001$**) en el **tiempo de reacción CON ALCOHOL** ($z = -3,993$, $p = 0,000$) y la **distancia de reacción** ($z = -4,040$, $p = 0,000$), lo que corresponde con una **disminución del tiempo de reacción y la distancia de reacción después de la ingesta de alcohol etílico**, con un error menor de un 0,1%, lo que supone que sea altamente significativo a nivel global, ya que las diferencias son de mas de un 99,9% de confianza frente al tiempo de reacción y la distancia de reacción sin alcohol (en estado basal).

A lo largo de todo el estudio de investigación se estudian estos dos parámetros: el tiempo de reacción y la distancia de frenado tanto bajo la ingesta de alcohol etílico en concentraciones $\leq 0,25$ mg/L en aire espirado como en estado basal (0,00 mg/L en aire espirado) según los estímulos inesperados de manera aleatoria ante la aparición de conos, stop o semáforos en la prueba de frenado impuesto (Tabla 70 y 71). Se observa que las medias del tiempo de reacción son menores bajo los efectos del alcohol cuando los estímulos son los CONOS y el SEMÁFORO, observando un aumento en el tiempo reacción bajo los efectos del alcohol cuando el estímulo es el STOP (Gráfica 30). En lo referente a la distancia de frenado, existe un aumento de la distancia bastante notable bajo los efectos del alcohol a pesar de haber un descenso del tiempo de reacción con alcohol, lo que hace suponer que la capacidad para reaccionar de forma rápida y eficaz ante un hecho imprevisto – “reflejos”– no se ven alterados aunque sí la capacidad de precisión a la hora de calcular la distancia del obstáculo para frenar el vehículo sin colisionar (Tabla 72 y Gráfica 31).

A lo largo de toda la investigación se estudia el tiempo de reacción en las distintas concentraciones de etanol siempre iguales y por debajo de las permitidas en la legislación vigente española, observando que este **tiempo de reacción** bajo los efectos de estas concentraciones de alcohol en aire espirado ($\leq 0,25$ mg/L en aire espirado) es menor que en estado basal (0,00 mg/L en aire espirado -SIN ALCOHOL) al igual que la distancia de reacción, ya que el tiempo de reacción y la distancia de reacción. Se estudian todas las variables físicas (detalladas en el capítulo 3 de Material y Métodos) haciendo hincapié notablemente en la distancia de frenado en concentraciones de alcohol en aire espirado $\leq 0,25$ mg/L . Se observa bajo estas concentraciones de alcohol que los individuos de la muestra a estudio, tras la ingesta de alcohol etílico tienen un tiempo de reacción menor que en estado basal pero la distancia de frenado aumenta bajo los efectos del alcohol, es decir, la frenada se alarga con alcohol ($\leq 0,25$ mg/L en aire espirado), luego la distancia aumenta y la parada se prolonga en el espacio.

Esto hace reflexionar y analizar prolijamente el resultado obtenido del tiempo de reacción bajo la ingesta de alcohol etílico en las concentraciones estudiadas, ya que según el estudio del arte, a lo largo de toda la bibliografía consultada se encuentran investigaciones que avalan que *el alcohol deteriora marcadamente la función psicomotora y la capacidad para conducir con seguridad*. Siendo como uno de los efectos más importantes que el alcohol produce, un descenso del nivel de activación, con lo que aumenta el tiempo de reacción, es decir, el tiempo que tarda la persona después de percibir plenamente las sensaciones y/o recibir información, en decidir qué debe hacer y cuándo actuar (Gisbert, 2004), con un aumento de respuesta (Ladero Quesada, JM et al. 2009) [98], sin especificar a qué concentraciones de alcohol en sangre o en aire espirado comienza la aparición de este aumento de respuesta o de tiempo de reacción ante un estímulo inesperado. En otros estudios del arte se describe la existencia de afectación a nivel de aumento de descoordinación motora y aumento del tiempo de reacción en concentraciones de 0,5 a 1 g/L de alcohol en sangre (Muñoz-Quirós Caballero, JM, 2014)[99], así como los tiempo de reacción visual y auditivos pueden estar alargados a concentraciones de 0,3 g/L en sangre y empiezan a aparecer alteraciones de la voluntad, memoria y atención, siendo el tiempo de reacción mas lento. (Garriot, James C., 2008; Gascó, P y Piga, J.,1994; Dubowski K.M., 1980). Estos estudios están más acordes a esta investigación, ya que determinan el grado de concentración de alcohol en sangre junto con la afectación.

En esta investigación a concentraciones de alcohol en aire espirado $\leq 0,25$ mg/L, en toda la MG a estudio el tiempo de reacción es menor en conductores bajos los efectos del alcohol etílico, esto es la reacción ante el estímulo es más rápida, debido a la rapidez de los “reflejos”, pero no calculan la distancia al objeto por lo que no son tan precisos y por tanto la ejecución de la parada es más prolongada, por lo que aumenta la distancia de frenado (D.A.WARDLE *et al.*, 1998). Se observa a lo largo de toda la muestra a estudio que SIN ALCOHOL el tiempo de reacción y la distancia de reacción aumentan

pero disminuye la distancia de frenado, lo que demuestra que en estado basal reaccionan mas lentamente que bajo los efectos del alcohol pero la distancia de frenado que recorren es menor debido a que son mas precisos a la hora de pisar el pedal del freno y calculan mejor la distancia al obstáculo por lo que tardan menos en parar el vehículo.

Se procede a estudiar las diferencias del tiempo de reacción y la distancia de reacción de toda la MG según la concentración de alcohol, en concentraciones $\leq 0,25$ mg/L en aire espirado. La media negativa de las variables de Diferencia en el **tiempo de reacción** ($-0,088 \pm 0,129$ DT) **y la distancia de reacción** ($-2,276 \pm 3,524$ DT) en concentraciones de etanol **$< 0,15$ mg/L en aire espirado**, son indicativa de que existe una **disminución a estas concentraciones de alcohol en aire espirado**. El tiempo de reacción y la distancia de reacción comienzan a **aumentar** a partir de **0,16 mg/L** en aire espirado de forma gradual según va en aumento la concentración de alcohol en aire espirado (Tabla 75). En cuanto al rango de edades, los individuo con edades ≤ 24 años tienen estadísticamente significativa una disminución del tiempo de reacción y de la distancia de reacción en concentraciones $\leq 0,20$ mg/L. A partir de concentraciones **$> 0,20$ mg/L en aire espirado**, tanto el tiempo de reacción como la distancia de reacción tienen unas medias menos negativas llegando a ser positivas, indicativo de que existe un **aumento del tiempo de reacción y la distancia de reacción** a partir de esas concentraciones.

En edades **entre 25-39 años**, se observa en la media de Diferencias del tiempo y distancia de reacción -según los rangos de concentración de alcohol en aire espirado- que en concentraciones **$< 0,16$ mg/L de alcohol en aire espirado**, las medias son negativas en las dos variables, indicativo de que existe un **disminución del tiempo de reacción** bajo los efectos del alcohol en esas concentraciones, al igual que en la distancia de reacción. Se observa que a partir de concentraciones **$\geq 0,16$ mg/L en aire espirado**, tanto el tiempo de reacción como la distancia de reacción tienen unas medias son positivas,

indicativo de que existe un **aumento del tiempo de reacción** y la **distancia de reacción de forma gradual** a partir de esas concentraciones.

A lo largo de todo la investigación, se observa una disminución del tiempo de reacción CON ALCOHOL, en general en toda la muestra por sexo. Siendo el tiempo de reacción CON ALCOHOL en la mujeres bastante mas inferior ($1,34 \text{ s} \pm 0,48 \text{ DT}$) con diferencia que el tiempo de reacción CON ALCOHOL en los hombres ($2,04 \text{ s} \pm 4,39 \text{ DT}$) (GRÁFICA 34). El tiempo de reacción de las mujeres es un 77,5% mas rápido CON ALCOHOL que el tiempo de reacción de los hombres CON ALCOHOL. El tiempo de reacción en mujeres disminuye un 33% más CON ALCOHOL que SIN ALCOHOL, es decir las mujeres reaccionan más rápidamente bajo los efectos del alcohol ante un estímulo inesperado.

De los resultado obtenidos en el estudio, los más relevantes son el **tiempo de reacción**, que se estudia conjuntamente con la distancia de reacción y la **distancia de frenado**.

Se observa que la distancia de reacción tiene que ver con el tiempo de reacción por ser ésta la distancia recorrida por cada individuo durante el tiempo que tarda en reaccionar ante un estímulo inesperado, y por su puesto también tiene que ver con la velocidad.

Según la muestra a estudio, al disminuir el tiempo de reacción CON ALCOHOL, la distancia de reacción disminuye también CON ALCOHOL en toda la muestra por sexo. (Tabla 86). Se analizan los resultados y se observa una disminución de la distancia de reacción muy notable en las mujeres bajo los efectos del alcohol etílico, siendo la distancia de reacción SIN ALCOHOL de 75,83 metros y la distancia reacción CON ALCOHOL es de 48,81 metros, por

tanto, la diferencia es de 27,02 metros menos de distancia recorrida CON ALCOHOL (36% de distancia que recorren menos CON ALCOHOL). Los hombres tienen también una disminución de la distancia de reacción, siendo ésta de 51,80 metros SIN ALCOHOL y de 43,82 metros CON ALCOHOL, por tanto, la diferencia es de 7,98 metros de distancia recorrida menos CON ALCOHOL (15% de distancia que recorren menos CON ALCOHOL), siendo **estadísticamente significativa** entre toda la muestra a estudio $p < 0,05$ (Tabla 87).

La distancia de frenado **aumenta** en toda la muestra a estudio. El comienzo de la distancia de frenado empieza cuando termina la distancia de reacción, ya que de la suma de estas dos distancias nos da una última distancia que es la distancia recorrida o distancia al obstáculo. Analizados los resultados de la distancia de frenado, se observa que ésta en mujeres aumenta notablemente frente a la distancia de frenado de los hombres (Tabla 88). Existe un **aumento** importante en la distancia de frenado SIN ALCOHOL (54,08 m \pm 41,21 DT) y la distancia de frenado CON ALCOHOL (75,37 m \pm 39,37 DT) **en mujeres**. La diferencia de la misma es de 21,29 m, correspondiente a un 28,25 % de incremento de distancia CON ALCOHOL. En los hombres la diferencia del aumento de la distancia de frenado SIN ALCOHOL (57,75 m \pm 40,65 DT) y la distancia de frenado CON ALCOHOL (68,79 m \pm 34,53 DT) es de 11,04 m, correspondiente a un 16,05% de incremento de distancia CON ALCOHOL.

Esta distancia es muy importante por ser la distancia recorrida desde el momento que se pone el pie encima del pedal del freno del vehículo y se hace presión hasta parar el mismo. La distancia de frenado indica la distancia recorrida tras recibir un estímulo visual (obstáculo inesperado) hasta parar el vehículo totalmente. Analizados los resultados de la muestra por sexo, se encuentra que existe una diferencia estadística **muy significativa** ($p < 0,01$), entre las medias de las variables de Diferencia de distancia de frenado entre hombres y mujeres tras la ingesta de etanol, indicativo de un aumento de la **distancia de frenado CON ALCOHOL en mujeres** con respecto a los hombres.

Por lo que se podría llegar a la conclusión por existir un 99 % de confianza a nivel mundial, lo que supone un error menor de un 1% que, en **mujeres el tiempo de reacción y la distancia de reacción CON ALCOHOL disminuyen** (son 77,5% MAS RÁPIDAS CON ALCOHOL que SIN ALCOHOL), pero la **distancia de frenado aumenta**, recorren mas distancia para parar el vehículo que los hombres (Gráfica 34), las mujeres a pesar de reaccionar antes ante un estímulo visual inesperado bajo los efectos del alcohol etílico en concentraciones $\leq 0,25$ mg/L en aire espirado, es indicativo de que la frenada bajo los efectos del alcohol se alarga, luego la distancia aumenta y la parada se prolonga en el espacio. Para medir el retraso que se produce en el tiempo de reacción motor, es importante comprobar el aumento de la distancia de frenada producto del incremento de la reacción. El alcohol afecta en gran medida a los procesos senso-perceptivos y senso-motores que intervienen en la compleja tarea de conducir. Esta sustancia deteriora sobre todo el sentido de la visión y los procesos sensoriales y perceptivos relacionados con ella desde que los primeros gramos de alcohol se distribuyen por la sangre. Con esto se ha podido comprobar que la atención general del conductor queda muy deteriorada, especialmente la atención dividida, lo que da lugar a una especial proclividad para los accidentes en las intersecciones, situaciones de tráfico, especialmente complejas, zonas en las que hay mucha concentración de señales o estímulos como en intersecciones, incorporaciones, ... En el caso que nos ocupa, no se puede tener en cuenta ya que las pruebas se realizaron en un escenario de autopista por lo que la gran cantidad de estímulos que se daría en el casco urbano o ciudad en este caso no se encontraría ya que los estímulos son menores y la conducción es mas relajada por autopista que por ciudad donde los estímulos son menos numerosos e intensos.

Científicos como Moskowitz,[100] Burns y Williams, hallaron que ya desde alcoholemias de 0,15 g/L en sangre empezaba a deteriorarse la ejecución de los sujetos en diversas tareas que exigían atención dividida y procesamiento de la información.

Con estos resultados se puede llegar a la conclusión en concentraciones $< 0,15$ mg/L en aire espirado ($< 0,3$ g/L en sangre), que existe un aumento del tiempo de reacción a nivel de toda la población, lo que indica que el proceso de toma de decisiones todavía no se ve mermado a estas concentraciones de alcohol, lo que hace que sean más rápidos ante una situación inesperada porque se ponen de manifiesto “los reflejos”, pero no pueden calcular la distancia a la que está el objeto lo que hace que se vea mermada la capacidad de precisión a la hora de presionar el pedal del freno para frenar completamente el vehículo ante la presencia de un peligro inesperado, alargando la distancia de frenada y aumentando el riesgo de colisión.

5.3.5 RESPECTO A LA VARIACIÓN DE VELOCIDAD

Como ya se ha descrito en la historia del arte, el alcohol etílico es un depresor del SNC y un potente vasodilatador. Actúa por inhibición de mecanismos inhibidores de control nervioso, de ahí que a dosis bajas sea un potente deshinibidor (pseudoexcitador) por depresión de las inhibiciones, con sensación de euforia y optimismo, aumento del tiempo de respuesta

Se analiza la variación de velocidad de toda la muestra a estudio en estado basal y bajo la ingesta de alcohol etílico en concentraciones $\leq 0,25$ mg/L en aire espirado a lo largo de las tres pruebas realizadas a lo largo del recorrido por el escenario de AUTOPISTA con el simulador de conducción de vehículos a motor. Se observa que la media de la velocidad que llevan los individuos de la MG a estudio CON ALCOHOL ($119 \text{ Km/h} \pm 34 \text{ DT}$) es mayor que la velocidad SIN ALCOHOL ($111 \text{ Km/h} \pm 36 \text{ DT}$), resultando estadísticamente **significativo** ($p < 0,05$) entre las medias de las variables de velocidad tras la ingesta de alcohol, indicativo de que existe un **aumento de velocidad**.

Se analizan los resultados obtenidos por sexo encontrando una diferencia estadística significativa ($p < 0,05$) entre las medias de las variables de Diferencia de velocidad entre hombres y mujeres tras la ingesta de alcohol etílico, indicativo de un **aumento de velocidad en ambos sexos**, siendo más notable el aumento de velocidad con alcohol en **mujeres** (Gráfica 32), un 16% más de velocidad con respecto a los hombres. Al existir un aumento de velocidad tras la ingesta de alcohol etílico, la distancia al obstáculo disminuye (Gráfica 33) en toda la muestra en general, siendo más notable esta reducción de distancia en mujeres que en hombres, lo que produce una reducción en la distancia al obstáculo y por tanto menor espacio para reaccionar y frenar el vehículo. A continuación se hace un estudio de las medias de las velocidades llevadas a lo largo del recorrido por los tres escenarios de AUTOPISTA y las

Diferencias velocidad en estado basal y después de la ingesta de alcohol en las distintas concentraciones de alcohol etílico hasta 0,25 mg/L en aire espirado. Se observa la media de velocidad que llevan los individuos de la muestra a estudio, en este caso mujeres, a lo largo de los tres escenarios (Tabla 85), y se determina un **aumento de velocidad en mujeres** tras la ingesta de alcohol en concentraciones de alcohol $\leq 0,10$ mg/L en aire espirado, tendente a la significación ($p > 0,05$) comenzando a disminuir la velocidad a partir de 0,11 mg/L, siendo muy notable la disminución de alcohol en concentraciones $\geq 0,25$ mg/L en aire espirado.

Se estudian los resultados obtenidos según los distintos rangos de concentración de alcohol etílico en aire espirado y edades.

En individuos ≤ 24 años se observa una media de velocidad negativa bajo los efectos del alcohol ($-19,61$ Km/h $\pm 22,01$ DT) en concentraciones $\leq 0,10$ mg/L en aire espirado, significativo de un aumento de la velocidad CON ALCOHOL en individuos ≤ 24 años y una media de la velocidad positiva bajo los efectos del etanol, a partir de concentraciones $> 0,11$ mg/L, indicativo de una disminución de la velocidad siendo muy notable a partir de concentraciones $\geq 0,25$ mg/L ($62,76$ Km/h $\pm 77,29$ DT), apreciándose un aumento de la distancia de parada a partir de concentraciones $\leq 0,20$ mg/L en aire espirado ($1,52$ m $\pm 1,48$ DT), en individuos ≤ 24 años. Al realizar el estudio por rango de edad existe entre las medias de las variables de Diferencia de distancia de Parada en individuos ≤ 24 años tras la ingesta de etanol un resultado altamente significativo ($p < 0,001$) al existir un aumento de la distancia de parada. Esto indica que a pesar del aumento de velocidad tras la ingesta de alcohol y la disminución en el tiempo de reacción al aumentar la distancia de frenada, la distancia de parada se prolonga en el espacio, lo que quiere decir que necesitan más recorrido para poder frenar el vehículo hasta la parada total del mismo, indicativo de que exista una colisión.

En individuos entre 25 y 39 años se observa una media de la velocidad positiva bajo los efectos del etanol, a partir de concentraciones $> 0,16$ mg/L, indicativo de una disminución de la velocidad CON ALCOHOL siendo muy notable a partir de concentraciones $\geq 0,25$ mg/L ($11,54$ Km/h $\pm 31,67$ DT). Así como una disminución del tiempo de reacción en concentraciones $\leq 0,15$ mg/L en aire espirado estadísticamente significativo ($p < 0,05$), aumentando de manera significativa a partir de concentración $\geq 0,16$ mg/L en aire espirado.

En individuos ≥ 40 años se observa una media de velocidad negativa bajo los efectos del alcohol ($- 11,25$ Km/h $\pm 32,30$ DT) en concentraciones entre **$0,16 - 0,20$ mg/L** en aire espirado, significativo de un **aumento de la velocidad CON ALCOHOL en individuos ≥ 40 años**. Así como, una media de la velocidad positiva bajo los efectos del etanol, a partir de concentraciones $> 0,21$ mg/L, indicativo de una **disminución de la velocidad CON ALCOHOL** siendo muy notable a partir de concentraciones **$\geq 0,25$ mg/L** ($7,50$ Km/h $\pm 7,39$ DT).

Según un estudio efectuado en la Universidad de Valladolid sobre la aptitud para conducir y los trastornos relacionados con el consumo de alcohol determinaron la existencia de una relación entre el nivel de alcoholemia desde $0,15$ hasta $1,5$ g/L, que producen efectos progresivos en el conductor consistentes en disminución de reflejos, falsa apreciación de distancias, subestimación de la velocidad, trastornos motores, euforia, aumento del tiempo de respuesta, trastornos en general del comportamiento, cansancio, fatiga, pérdida de la agudeza visual, que producen un riesgo de sufrir accidente (Villanueva Cañadas, 2004). No determina en ninguno de los parámetros a los que hace alusión el grado concreto de concentración de alcohol etílico (g/L) en los que se producen. Se limita a delimitar una horquilla de $0,15$ a $1,5$ g/L en sangre pero no determina a que concentraciones tiene afectación los parámetros descritos. En este estudio de investigación se hace un análisis tanto a nivel poblacional con toda la muestra a estudio (MG) como por rangos de edades y por sexo, pero sobre todo hay que destacar como factor

importante e imprescindible es delimitar los rangos de concentraciones de alcohol en este caso en aire espirado de cada parámetro o variable a estudio.

Por lo que se puede considerar y destacar como aspecto novedoso y relevante la información aportada por rango de concentraciones de alcohol en aire espirado a la hora de determinar con exactitud la afectación de los parámetros a analizar en este estudio como son la AV tanto de lejana como cercana, respuesta pupilar, diámetro pupilar y capacidad de reacción donde se hace un estudio en detalle del tiempo de reacción, la distancia de frenado y la variación de velocidad. Con esto se pretende poder delimitar con más precisión la afectación del alcohol etílico en concentraciones permitidas por la Legislación Vigente en España, es decir , concentraciones $\leq 0,25 \text{ mg/L}$, para determinar el grado de afectación y no dejarse orientar simplemente por los aspecto o signos que presenta el individuo cuando se le examina tras la ingesta de etanol en concentraciones bajas.

La realización de este estudio de investigación ha sido laboriosa debido a la cantidad de resultados obtenidos, resultados que no se han podido comparar en su mayoría con otros estudios ya que según la literatura no se han encontrados estudios similares al de esta investigación lo que ha hecho mas difícil la realización del mismo. Se han obtenido hallazgos muy relevantes e interesantes los cuales darían paso a sugerir otras líneas de investigación para poder precisar con mas exactitud y analizar la cantidad de parámetros y variables que han salido de este estudio que por no ser motivo de estudio de esta investigación se han quedado como datos pendientes de resultados a estudio.

Citar como dato relevante y novedoso el tiempo de reacción como resultado principal a estudio de esta investigación a estos niveles bajos de concentración de alcohol en aire espirado que como resultado relevante ante la

literatura revisada aparece como aspecto novedoso la disminución del mismo, ante un estímulo visual inesperado, hay que hacer hincapié que sí existe afectación a estas concentraciones de alcohol bajos en aire espirado ya que se ve mermada la capacidad motora del individuo al no poder calcular la distancia a la que se encuentra el objeto o estímulo visual, no pudiendo precisar en la fuerza en el momento de reaccionar y frenar para parar el vehículo, lo que hace que se dilate la distancia de frenada y por consiguiente la distancia de parada aumenta, lo que produce un mayor riesgo de colisión y por consiguiente existe un incremento de riesgo de accidente.

Además, como ya se ha citado anteriormente, el alcohol como depresor del SNC, es un gran potente deshinibidor que genera sensación de euforia y optimismo. A dosis bajas de concentración de alcohol en aire espirado, como las estudiadas, presenta en su fase de euforia una sobre valoración lo que incita al individuo a aumentar la velocidad a determinada concentración de alcohol en aire espirado, velocidad que luego a la hora de reaccionar repentinamente no puede controlar por falta de precisión y cálculo de distancia del objeto, lo que también produce un mayor riesgo de colisión, se altera la capacidad para juzgar la velocidad, la distancia y la situación relativa del vehículo, así como la capacidad para seguir una trayectoria o hacer frente a una situación inesperada disminuyendo marcadamente la capacidad para conducir con seguridad e *incrementa el riesgo de accidente (Gisbert, 2004)*.

RESPECTO A LAS CONCENTRACIONES DE ALCOHOL EN AIRE ESPIRADO (mg/L) SEGÚN RANGOS DE EDAD (TABLA 104)

Unidireccional

Descriptivos						
	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	para la media	
					Límite inferior	Límite superior
INGESTA ALCOHOL (mL) ED <= 24 (En función del peso y sexo)	39	233,474	56,9747	9,1233	215,005	251,943
	56	283,929	74,0947	9,9013	264,086	303,772
	28	275,901	70,3389	13,2928	248,626	303,175
	Total	123	266,104	71,3392	253,370	278,837
ALCOHOLIMETRO 15' ED <= 24 (minutos)	39	,1515	,06616	,01059	,1301	,1730
	56	,1655	,07114	,00951	,1465	,1846
	28	,1671	,06576	,01243	,1416	,1926
	Total	123	,1615	,00615	,1493	,1736
ALCOHOLIMETRO 30' ED <= 24 (minutos)	39	,1810	,06754	,01082	,1591	,2029
	56	,1909	,06428	,00859	,1737	,2081
	28	,1914	,06637	,01254	,1657	,2172
	Total	123	,1879	,00590	,1762	,1996
ALCOHOLIMETRO 40' ED <= 24 (minutos)	39	,1800	,06432	,01030	,1592	,2008
	56	,1977	,05797	,00775	,1822	,2132
	28	,1957	,05757	,01088	,1734	,2180
	Total	123	,1916	,00541	,1809	,2023
ALCOHOLIMETRO 50' ED <= 24 (minutos)	39	,1723	,05455	,00874	,1546	,1900
	56	,1973	,05154	,00689	,1835	,2111
	28	,1914	,05797	,01096	,1689	,2139
	Total	123	,1880	,00493	,1783	,1978
ALCOHOLIMETRO 60' ED <= 24 (minutos)	39	,1656	,04644	,00744	,1506	,1807
	56	,1811	,04551	,00608	,1689	,1933
	28	,1779	,04902	,00926	,1589	,1969
	Total	123	,1754	,00421	,1671	,1838

Tabla 104: Concentraciones de alcohol en aire espirado (mg/L) en distintos tiempos hasta fase de absorción según rangos de edad (N=123)

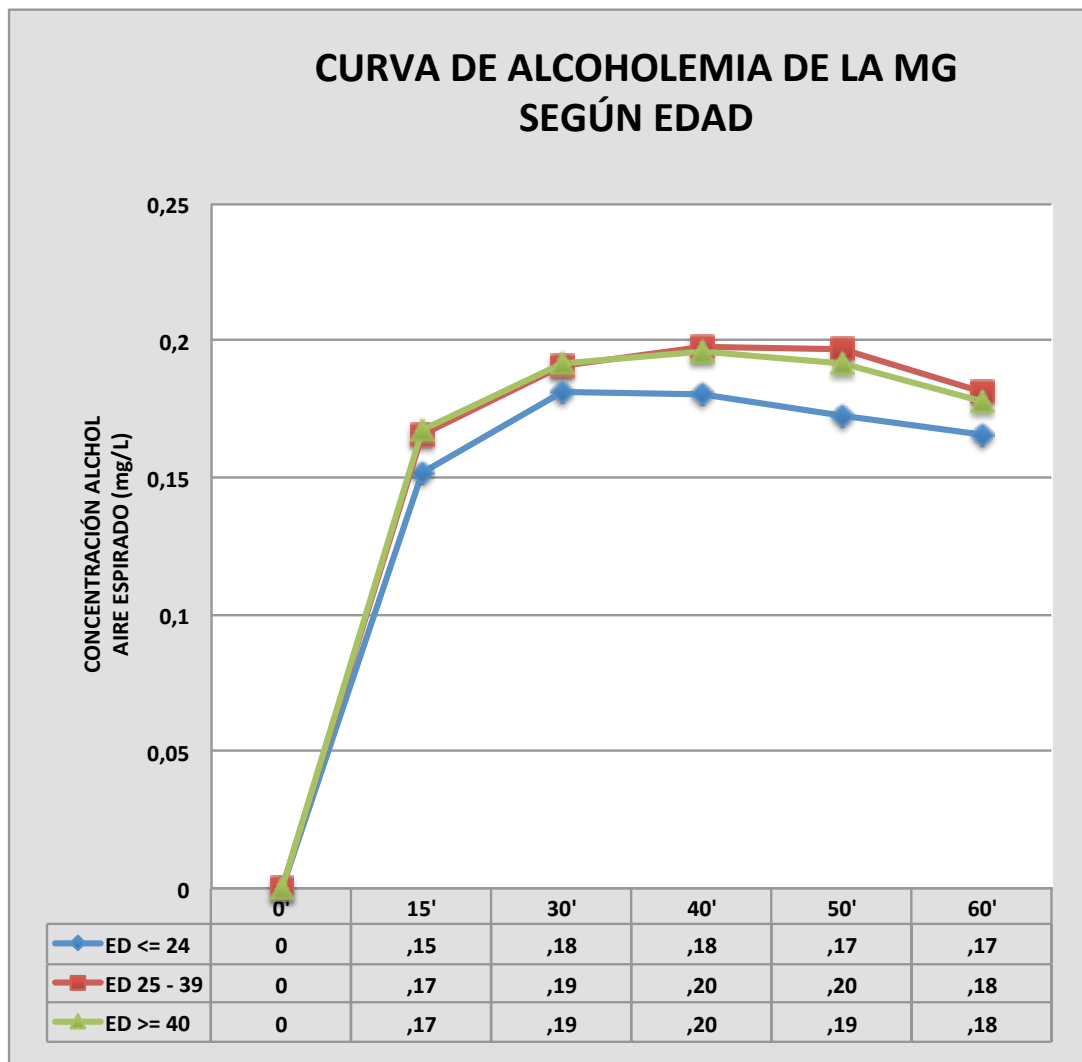
Según los rango de edades de la MG comprendidas entre 18 y 63 años, tras la ingesta de alcohol etílico en función del sexo y del peso para no sobrepasar la concentración permitida por la normativa vigente en España (0,25 mg/L en aire espirado), se toman las medidas de concentraciones de alcohol en aire espirado (mg/L) en los tiempos establecidos a 15 minutos, 30 minutos, 40 minutos, 50 minutos y 60 minutos (Tabla 49).

En la tabla 49 se observa la media del tiempo hasta llegar a la fase de absorción y realizar la prueba de conducción, siendo esta de 48,88 minutos los hombres con una desviación estándar de $\pm 7,96$ ($\pm 7,96$ DT) y de 48,37 minutos las mujeres, con una desviación estándar de $\pm 6,88$ ($\pm 6,88$ DT). Los hombres (N= 80) tuvieron una media de ingesta de alcohol etílico de 300,27 mL, con una

desviación estándar de $\pm 56,73$ ($\pm 56,73$ DT) y las mujeres (N= 43) tuvieron una media de ingesta de alcohol etílico de 202,54 mL, con una desviación estándar de $\pm 48,67$ ($\pm 48,67$ DT). La media de concentración de alcohol en aire espirado en las mujeres (N= 43) fue superior ($0,19 \text{ mg/L} \pm 0,04 \text{ DT}$) a la media de alcohol en aire espirado ($0,18 \text{ mg/L} \pm 0,05 \text{ DT}$) de los hombres (N= 80) (Tabla 48). Estos resultados son relevantes y coincidentes con lo descrito en el estudio del arte en lo referente al volumen de distribución del alcohol etílico en las mujeres, que por su mayor pániculo adiposo, los niveles de concentración de alcohol en sangre pueden ser de al menos el 25% más elevados que para los hombres con el mismo peso corporal y después del consumo del mismo tipo y cantidad de bebida alcohólica, aún sin tener en cuenta las siempre existentes diferencias individuales (Casas et al. 2000). Por ello, la cantidad de alcohol etílico ingerida por las mujeres es menor que la ingerida por los hombres, debido al volumen de distribución (Tabla 1) que es menor en mujeres aunque las concentraciones de alcohol etílico en aire espirado sean mayores que en los hombres al poseer más porcentaje de materia grasa que los hombres y tener menor porcentaje de agua en su cuerpo con respecto a los hombres (Gisbert, 2004).

En la TABLA 104, se muestran la media de los resultados de concentración etílica según el rango de edades, dando como resultado la **curva de alcoholemia** de la muestra según las edades comprendidas entre 18 y 24 años, entre 25 y 39 años, y entre 40 y 63 años. Como dato indicativo tenemos que la MG realiza las pruebas de ingesta de alcohol en presencia de alimentos en el estómago e ingiriendo la cantidad de bebida alcohólica (mL) en una única libación (dos o tres libaciones en intervalos de tiempo muy cortos, el tiempo justo de ingerir de 1 a 3 copas de vino) según la cantidad establecida por sexo y peso.

CURVA DE ALCOHOLEMIA DE MG SEGÚN RANGO DE EDAD (GRÁFICA 36)



Gráfica 36: Curva de alcoholemia de la MG según rango de edad (N=123)

En esta *curva* se sintetizan las distintas fases de la *curva de alcoholemia* desde la ingesta de alcohol etílico (0,00 mg/L), segmento que abarca desde el minuto 0' hasta el pico máximo correspondiente a la fase de absorción. Esta gráfica es de gran interés porque representa la evolución de la concentración del alcohol en la sangre en el periodo de tiempo que sigue a la ingestión, hasta su catabolización total (Gisbert et al. 2004).

En la curva de alcoholemia se pueden observar la:

- ❖ Fase de intoxicación o fase ascendente (absorción): consecutiva a la ingestión, fuertemente ascendente por la rápida difusión del alcohol en la sangre.
- ❖ Fase de equilibrio (meseta) (distribución): muestra un vértice o meseta que se corresponde con la máxima concentración de alcohol en sangre. Representa el equilibrio entre la difusión y la desaparición del alcohol.
- ❖ Fase de desintoxicación o fase descendente (eliminación): es una recta lentamente descendente que muestra la velocidad constante de desaparición del alcohol, una vez que éste se ha repartido por todo el organismo

Según el rango de edades analizamos las distintas fases [56], es decir, el paso del alcohol a sangre. Para ello analizamos la Gráfica 36:

✓ **Edad entre 18 y 24 años**

- Fase de absorción: el pico máximo correspondiente a la fase de absorción en este rango de edad está en el minuto 30'. A partir del minuto 30' comienza la fase de distribución y a continuación da comienzo la fase de eliminación más rápida que en el resto de rango de edad que es más lenta.

✓ **Edad entre 25 y 39 años**

- Fase de absorción: el pico máximo correspondiente a la fase de absorción en este rango de edad está en el minuto 40'. Se observa cómo en este rango de edad comienza su fase de distribución del alcohol a los 40' y seguidamente la fase de eliminación más

lentamente que el rango de edad comprendida entre 18 y 24 años que su proceso de eliminación es más rápido.

✓ **Edad entre 40 y 63 años**

- Fase de absorción: el pico máximo correspondiente a la fase de absorción en este rango de edad está entre el minuto 40' y 50'. A partir del minuto 40' se observa el comienzo de la fase de distribución del alcohol etílico en sangre y en el minuto 50' da comienzo la fase de eliminación del alcohol. Se aprecia una eliminación más lenta que en el resto de rango de edades, indicativo de una metabolización más lenta que en el resto de rango de edades.

Una vez que el alcohol llega a sangre, es distribuido por todo el organismo, se establece un proceso de difusión hística que vendrá regulado por la concentración de agua y la de alcohol con respecto a la sangre. El proceso de reparto de alcohol se realiza a velocidades muy distintas, difunde a los tejidos en función de la riqueza en agua de los líquidos extra e intracelulares, ésta es la fase de distribución o equilibrio de difusión. En esta fase llega un momento en que se produce un punto de equilibrio, cuando el alcohol pasa de la sangre a los tejidos dando lugar a vértice o una meseta.

En este caso el vértice se ve mejor en las edades comprendidas entre 18 y 24 años, justo en el minuto 30', donde se aprecia la fase final de la pendiente de la recta dando comienzo a una curva descendente cuya pendiente depende de la velocidad del catabolismo hístico de la muestra a estudio. La pérdida de alcohol en los tejidos se repone con una nueva situación de equilibrio con la sangre y una caída de la concentración de alcohol en ésta.

Según el estado del arte, la curva de alcoholemia que aparece en la Gráfica 36 sintetiza lo procesos indicados en los resultado de este estudio de investigación en concentraciones iguales o inferiores a 0,25 mg/L en aire espirado, así como en toda la revisión bibliográfica revisada y aportada, teniendo un gran interés médico-legal, representando la evolución de la concentración de alcohol, en este caso de aire espirado en el periodo de tiempo que sigue a la ingestión hasta su catabolización. Esta curva no llega a la eliminación total al no tomarse las distintas muestras de aire espirado en los tiempos establecidos hasta llegar a la eliminación del alcohol en aire espirado y por consiguiente en sangre.

“(...)... No hay un límite mínimo a partir del cual comienza el deterioro que produce el alcohol, ni existe ninguna prueba que demuestre que el alcohol es capaz de mejorar cualquier habilidad a cualquier nivel. La habilidad más semejante a la de conducir es la de la - atención dividida o difusa -, siendo la que se deteriora con el nivel del alcohol más bajo. Este deterioro puede ya manifestarse por debajo de 0,2 g/L, e invariablemente está siempre presente en el nivel legal de 0,5 g/L...(...)”.

*Capítulo 63 de E. Villanueva Cañadas:
“Estudio Toxicológico y Médico Legal del Alcohol Etílico”.
Tratado de “Medicina Legal y Toxicología” -- Gisbert Calabuig (2004).*

Finalmente, haciendo honor a la justificación de esta Tesis Doctoral se concluye con los expuesto por Villanueva Cañadas (Gisbert, 2004), manifestándose tras los resultados obtenidos en esta investigación que sí se puede determinar un límite mínimo a partir del cual poder determinar la existencia de un deterior producido por el alcohol en individuos a distintas concentraciones de alcohol etílico en aire espirado (mg/L) o su equivalente en sangre (g/L).

Se podría confirmar que a determinados niveles de concentración bajos se puede demostrar una mejoría en el tiempo de reacción, debido a los “reflejos”, pero éste se ve mermado por una afectación en los procesos senso-perceptivos y senso-motores (capacidad cognitiva - motora) que intervienen en

la compleja tarea de conducir, lo que hace que no mejore ninguna habilidad a ningún nivel de concentración de alcohol en el individuo.

Se podría confirmar un deterioro de la visión y de la respuesta de reacción en concentraciones manifiestas por debajo de 0,2 g/L y por supuesto siempre presentes a niveles legales de 0,5 g/L en sangre (0,25 mg/L en aire espirado), lo que afirma que el rendimiento al volante de un vehículo a motor comienza a deteriorarse con alcoholemias de 0,2 g/L en sangre (0,10 mg/L en aire espirado) (Moskowitz H., Burns M., 1990).

Cuanto más alcohol en sangre existe mayor deterioro psicomotor, aunque el individuo no lo perciba, y por consiguiente mayor riesgo de accidente. Los conductores con una alcoholemia de 0,5 y 0,7 g/L en sangre tienen una probabilidad entre 4 y 10 veces superior que los que tienen una alcoholemia cero (Fell JC & Voas RB, 2006).

De la revisión de estudios internacionales se desprende que la instauración o reducción del límite legal de alcoholemia siempre tiene efectos beneficiosos. Se ha comprobado que la reducción de la alcoholemia legal provoca una reacción generalizada de evitación no sólo en los bebedores que podrían resultar afectados por el cambio introducido sino en el conjunto de conductores (Mann RE, et al. 2001). Una revisión de 14 estudios norteamericanos sobre los efectos de la reducción del nivel legal de alcoholemia (Fell JC & Voas RB, 2006) comprobó la eficacia de reducir la alcoholemia legal de 1 a 0,8 g/L; de 0,8 a 0,5 g/L y de 0,5 a 0,2 g/L, por lo que respecta a los accidentes, las lesiones y las muertes. Las modificaciones legales a la baja siempre tienen un efecto disuasorio. Por el contrario, los cambios al alza se siguen de un aumento de la mortalidad, como ocurrió en Portugal en el año 2002, cuando la tasa legal pasó de 0,2 g/L a 0,5 g/L, aumentando las muertes de tráfico en un 10% [105].

VI. CONCLUSIONES

6. CONCLUSIONES

Del estudio de investigación desarrollado sobre el efecto del alcohol etílico en concentraciones permitidas por la Legislación vigente ($\leq 0,25$ mg/L de alcohol en aire espirado) sobre la influencia del mismo en las funciones cognitivas motoras y visuales, se llega a las siguientes conclusiones:

1. Existe una pérdida de agudeza visual (AV) muy significativa que se incrementa con el nivel de alcohol ($p < 0,01$), afectando mayoritariamente a la visión binocular de cerca en toda la muestra general (MG).
2. Existe una pérdida de agudeza visual (AV) altamente significativa que se incrementa con el nivel de alcohol ($p < 0,001$), afectando mayoritariamente a la visión monocular de cerca de ambos ojos, así como en los cuatro grupos de ametropías: miope, hipermetrope, presbita y astigmata, estando notablemente acusada en el hipermetrope, en relación al resto del grupo de ametropías.
3. Objetivamente, existe una respuesta pupilar ralentizada (99%) junto con una ligera midriasis, irritación y sufusión conjuntival leve (100%) en toda la muestra general (MG), tras la ingesta de alcohol etílico.
4. Existe un aumento del diámetro pupilar altamente significativa que se incrementa con el nivel de alcohol ($p < 0,001$), tanto en monocular como binocular, afectando a edades ≥ 40 años, que tras la ingesta de alcohol el aumento del diámetro pupilar es menor que en edades comprendidas entre 18 y 39 años ($p < 0,05$).
5. Existe una mejoría de agudeza visual (AV) en las pupilas mióticas-isocóricas que ven mejor que las pupilas midriáticas-isocóricas tras la ingesta de etanol ($p < 0,001$).

6. Bajo los efectos del etanol existe una reacción de respuesta más rápida ante un estímulo visual inesperado, por lo que el tiempo de reacción y la distancia de reacción es menor ($p < 0,05$) aunque la distancia de frenada aumenta, muy significativo ($p < 0,01$), de que existe una prolongación de la parada en el espacio con alcohol en toda la muestra general (MG).
7. Existe una gran afectación en la precisión y presión (fuerza) transmitida al pedal del freno tras la ingesta de etanol. No se calcula la distancia al objeto y por tanto se hace existente la falta de precisión y rapidez en el momento de parar el vehículo aumentando la distancia de frenada y por tanto el tiempo de parada.
8. Existe un aumento de la velocidad significativa que se incrementa con el nivel de alcohol ($p < 0,05$), a partir de concentraciones $\geq 0,11$ mg/L en aire espirado en toda la muestra general (MG), siendo muy significativa en mujeres ($p > 0,01$). Así como, una disminución significativa de velocidad en edades > 40 años a partir de concentraciones $\geq 0,21$ mg/L en aire espirado.
9. Los niveles permitidos actualmente por la Normativa vigente en España, afectan a la conducción de vehículos a motor en su eficacia al realizar conjuntamente una tarea visual con otra cognitiva a partir de niveles de concentración $> 0,10$ mg/L en aire espirado ó $0,2$ g/L en sangre.
10. Con estos resultados a niveles de alcohol permitidos por la Legislación vigente, se hace necesaria una modificación de los niveles de concentración de alcohol en aire espirado por debajo de $0,10$ mg/L en aire espirado ó $0,2$ g/L en sangre, aunque la propuesta sería de niveles $0,00$ mg/L.

VII. BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFÍA

1. DUANE E. HAINES, PH. D. *Principios de Neurociencia*. 2ª ed. 84-8174-656-8. 2003
2. ALAÑÓN FERNÁNDEZ, FÉLIX JESÚS; CÁRDENAS LARA, MANUELA; ALAÑÓN FERNÁNDEZ, MIGUEL ANGEL Y MARTOS AGUILERA ANA. *Anatomía y fisiología del aparato ocular* Cap. I.
3. MAY, C.H. Y ALLEN, J..H. *Manual de las enfermedades de los ojos*. Salvat. 1979.
4. STUART, J. R. *Estimating the significance of errors in audio systems*, Audio Engineering Society Preprint, presentado en la 91ª convención de la AES, Nueva York, 1991 (Preprint 3208).
5. SCHROEDER, MR, HALL, JL. *Model for mechanical to neural transduction in the auditory receptor*, Journal of the Acoustical Society of America. 55 (5): 1055-60. 1974
6. ZWICKER, E. Y FASTL, H.: *Psychoacoustics: Facts and Models*, Springer, Berlín, 1990.
7. EVANS, E. F.: "Basic physiology of the hearing mechanism", *Proceedings of the 12th International AES Conference*, pp. 11-21, Junio 1993.
8. GANONG, W. F.: *Fisiología médica, El Manual Moderno*, México, 1988, 11ª edición.
9. D. A. WARDLE, *PHYS. Teach.* 36, 442. *The time delay in human vision*. 1998.
10. DIRECTIVA EUROPEA 2006/126/CE; REAL DECRETO 772/1997, de 30 de Mayo y RDL 1598/2004.
11. ALIAGA GÓMEZ J, MARCOS MARTÍN C, SERRANO MOLINA C, GATO MORAIS R. "Neurooftalmología. En: *Oftalmología en Atención Primaria*" (341- 356). Formación Alcalá. 2003.
12. TOMSAK RL. "Neurooftalmología: sistema visual aferente. En: *Neurología Clínica: diagnóstico y tratamiento*" (723-734). Elsevier España. 2006.
13. BRIEVA L, BESTUÉ M, OLIVEROS JUSTE A. *Patología del sistema nervioso autónomo*. En: Grau JM, Escartín A (Eds), *Manual del residente de Neurología*, (95-104). Madrid: Litofinter. 2000.
14. EZPELETA ECHÁVARRI D. *Trastornos pupilares eferentes*. *Neurol Supl*; 3 (8): 42-48. 2007.
15. KAESER PF, KAWASAKI A. *Disorders of papillary structure and function*. *Neurol Clin* 28; 657-677. 2010.
16. SLAMOVITS TL, GLASER JS (EDS). *The pupils and Accomodation*. En: *Neuro-ophthalmology*. (pp 527-549). Philadelphia: Lippincott Williams. 1999
17. ROPPER AH, BROWN, RH. (EDS) *Trastornos del sistema nervioso vegetativo, respiración y deglución*. En: *Principios de Neurología de Adams y Víctor*, (pp 452-471). Méjico: McGraw-Hill Interamericana. 2005.
18. SNELL RD (ED). *Sistema nervioso autónomo*. En: *Neuroanatomía clínica*, (pp 449-478). Buenos Aires: Panamericana. 1997.
19. VELASCO R, GONZÁLEZ L, FONT MA. *Las raíces y los nervios periféricos. Síndromes radiculares y por lesión de nervio periférico. El sistema nervioso autónomo. El hipotálamo. Síndrome por afectación del sistema nervioso autónomo. Síndromes neuroendocrinos*. En: FRANK A, MATIAS-GUIU J, MARTÍNEZ E (EDS), *Manual del médico residente de Neurología*, (pp 257-282). Madrid: SEN. 2006.
20. WIEBERS DO, DALE AJ, KOKME E, SWANSON J. (EDS). *Neurooftalmología: Pares craneales II, III, IV y VI*. En: *Exploración Clínica en Neurología* (pp 124-180). Barcelona: Editorial Médica JIMS. 1999.
21. ANADÓN BASELGA, M.J., UROZ MARTÍNEZ, M.V. Y ZABALLOS GARCÍA, M. *Manual de Criminalística y Ciencias Forenses. Técnicas forenses aplicadas a la investigación criminal*. Cap. 3: *Toxicología Forense I. Intoxicaciones por alcohol etílico*. P. 80-99. 2010.
22. BATALLER SIFRE, RAMÓN. *Toxicología Clínica*. ISBN:84-370-6015-X. Ed. PUV. 2004.
23. CASAS, J.. *Manual De Medicina Legal y Forense*. Ed. Colex. 2000.
24. ORDEN JUS/1291/2010, de 13 de mayo, por la que se aprueban las normas para la preparación y remisión de muestras objeto de análisis por el Instituto Nacional de Toxicología y Ciencias Forenses. Cap. II. *Normas Específicas. Sec. I. Estudios Toxicológicos. Art. 14. Normas de recogida y preparación de muestras según el tipo de tóxico*.

25. GISBERT, J.A. *Medicina Legal y Toxicología*. Ed. Masson: 6ª Ed; cap. 63; p. 878-895. 2004
26. CÓRDOBA P. DARÍO.. *Toxicología*. Ed. El Manual Moderno, S.A de C.V. 4ª Ed; cap. 51; p. 379-392. 2000.
27. RITCHIE JM. *The aliphatic alcohols*. In Gilman A, Goodman G, Roll TW, et al: *Goldman and Gilman's The Pharmacological Basis of Therapeutics*, Ed. 7 New York, MacMillan, 1985. 372-386.
28. ISSALBACHEV K. *Metabolic and hepatic effects of alcohol*. *N Engl. J Med* 296: 612-616, 1977.
29. REAL DECRETO LEGISLATIVO 339/1990, art. 60 sobre Permisos y licencias de conducción.
30. DIRECCIÓN GENERAL DE TRÁFICO. *Estudio sobre la reducción de los límites de alcoholemia*. Grupo de trabajo 36. Madrid: Consejo Superior de Tráfico y Seguridad de la Circulación Vial, 1998.
31. GASCÓ, P. Y PIGA, J. *Tablas publicadas por el Instituto Nacional de Toxicología de Madrid en la Monografía "Alcohol y Tráfico" 25-02-1994*.
32. DUBOWSKI K.M. 1980. *Etapas clínicas de la intoxicación etílica aguda en relación a los niveles sopladados de alcoholemia*.
33. GARRIOT, JAMES. C. *Lawyers & Judges*. Publishing Company, Inc., 2008. *Garriot's Medicolegal Aspects of Alcohol (Hardcover)*. 4ª Edition. P. 27.
34. REPETTO, M. 1995. *Toxicología Avanzada*. Ed. Díaz de Santos, S.A. Madrid. Cap. *Toxicología del Alcohol Etílico*. P.463.
35. RODRÍGUEZ ALBARÁ, M. SOLEDAD Y J. DE DIOS CASAS SÁNCHEZ. *Tema XLI Aspectos Médico-Forenses del Alcohol Etílico*.
36. REAL DECRETO 818/2009, de 8 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento General de Conductores. (Vigente hasta el 11 de septiembre de 2010).
37. REAL DECRETO 1428/2003, de 21 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento General de Circulación para la aplicación y desarrollo del texto articulado de la Ley sobre tráfico, circulación de vehículos a motor y seguridad vial, aprobado por el Real Decreto Legislativo 339/1990, de 2 de marzo.
38. REAL DECRETO 2288/1998, de 23 de Octubre, modificación del Reglamento General de Circulación aprobado por el RD 13/1992, de 17 de Enero.
39. LEY ORGÁNICA 15/2007, de 30 de noviembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 10/1995, de 23 de noviembre, del Código Penal en materia de seguridad vial.
40. LEY 6/2014, de 7 de abril, por la que se modifica el texto articulado de la Ley sobre Tráfico, Circulación de Vehículos a Motor y Seguridad Vial, aprobado por el Real Decreto Legislativo 339/1990, de 2 de marzo (BOE nº 63, de 14 de marzo; corrección de errores BOE nº 185, de 3 de agosto).
41. REAL DECRETO 1428/2003, de 21 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento General de Circulación para la aplicación y desarrollo del texto articulado de la Ley sobre tráfico, circulación de vehículos a motor y seguridad vial, aprobado por el Real Decreto Legislativo 339/1990, de 2 de marzo, que contiene el texto consolidado.
42. PROYECTO DRUID (*Driving Under Influence of Alcohol, Drugs and Medicines*).
43. RECOMENDACIÓN DE LA COMISIÓN de 6 de abril de 2004 sobre la aplicación de las normas de seguridad vial (Texto pertinente a efectos del EEE) (2004/345/CE).
44. RECOMENDACIÓN DE LA COMISIÓN DE 17 DE ENERO DE 2001 SOBRE LA TASA MÁXIMA DE ALCOHOLEMIA PERMITIDA PARA LOS CONDUCTORES DE VEHÍCULOS DE MOTOR (2001/115/CE).
45. FICHA TÉCNICA DISPOSITIVO DE DRÄGER ALCOTEST 6510.
46. FICHA TÉCNICA DISPOSITIVO DE DRÄGER ALCOTEST 6810.
47. LEY 41/2002, de 14 de noviembre, básica reguladora de la autonomía del paciente y de derechos y obligaciones en materia de información y documentación clínica.
48. LEY ORGÁNICA 15/1999, de 13 de diciembre, de Protección de Datos de Carácter Personal.
49. DIRECTIVA 95/46/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 24 de octubre de 1995 relativa a la protección de las personas físicas en lo que respecta al tratamiento de datos personales y a la libre circulación de estos datos.
50. Ley Orgánica 15/99 sobre la Protección de Datos de Carácter Personal, desarrollada en el Reglamento aprobado por el Real Decreto 1720/2007.

-
51. RUIZ MIRANDA. M; *Secuencia de pensamientos por medio de los ojos*.
 52. A.W. ELLIS; A.W. YOUNG; *Neuropsicología Cognitiva humana*; ED. Masson; 1992.
 53. GILMAN G. ; *Optometria de la conducta*; Colegio Nacional de Opticos; ED. Lozano S.L.
 54. CÓRDOBA P. DARÍO. 2000. *Toxicología*. Ed. El Manual Moderno, S.A de C.V. 4ª Ed; cap. 51; p. 379-392.
 55. REGLAMENTO CE 110/2008 (art. 1).
 56. GISBERT, J.A. *Medicina Legal y Toxicología*. Ed. Masson: 6ª Ed; cap. 63; p. 881-885. 2004
 57. REAL DECRETO 818/2009, de 8 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento General de Conductores.
 58. GISBERT, J.A. *Medicina Legal y Toxicología*. Ed. Masson: 6ª Ed; cap. 63; p. 887-889. 2004
 59. CHEN, M.L., CHEN, C.J., YEH, W.Y., HUANG, J.W., MAO, I.F. Heat stress evaluation and worker fatigue in a steel plant. *AIHA Journal*, 2003; 64, 3: 352-359
 60. CHEN, D., MCMAHAN S. Development and Testing of Self-Assessment Tests for Increasing Motorcycle Safety for Aging Motor Cyclists, 2006. California State University Fullerton, Fullerton, CA.
 61. MUKHERJEE, S., & VERNINO, S. (2007). Dysfunction of the pupillary light reflex in experimental autoimmune autonomic ganglionopathy. *Autonomic neuroscience: basic & clinical*, 137(1), 19-26. doi:10.1016/j.autneu.2007.05.005
 62. GASCÓ, P. Y PIGA, J. *Tablas publicadas por el Instituto Nacional de Toxicología de Madrid en la Monografía "Alcohol y Tráfico" 25-02-1994*
 63. HILL, J. C., & TOFFOLON, G. (1990). Effect of alcohol on sensory and sensorimotor visual functions. *Journal of Studies on Alcohol and Drugs*, 51(2), 108
 64. DOMINGUES, S. C. A., MENDONÇA, J. B., LARANJEIRA, R., & NAKAMURA-PALACIOS, E. M. (2009). Drinking and driving: a decrease in executive frontal functions in young drivers with high blood alcohol concentration. *Alcohol*, 43(8), 657-664. doi:10.1016/j.alcohol.2009.10.001
 65. YODA, T., CRAWSHAW, L. I., SAITO, K., NAKAMURA, M., NAGASHIMA, K., & KANOSUE, K. (2008). Effects of alcohol on autonomic responses and thermal sensation during cold exposure in humans. *Alcohol*, 42(3), 207-212. doi:10.1016/j.alcohol.2008.01.006
 66. MCKNIGHT, A. J., LANGSTON, E. A., MARQUES, P. R., & TIPPETTS, A. S. (1997). Estimating blood alcohol level from observable signs. *Accident Analysis & Prevention*, 29(2), 247-255. doi:10.1016/S0001-4575(96)00079-6
 67. MCKNIGHT, A. J., LANGSTON, E. A., MCKNIGHT, A. S., & LANGE, J. E. (2002). Sobriety tests for low blood alcohol concentrations. *Accident Analysis & Prevention*, 34(3), 305-311. doi:10.1016/S0001-4575(01)00027-6
 68. Nancy B. Carlson, Daniel Kurtz, David A. Heath, Catherine Hines (1994). *Procedimientos Clínicos en el Exámen Visual*, 1,14-18
 69. RUBIN, L. S., GOTTHEIL, E., ROBERTS, A., ALTERMAN, A. I., & HOLSTINE, J. (1977). Effects of Stress on Autonomic Reactivity in Alcoholics; Pupillometric Studies. I. *Journal of Studies on Alcohol and Drugs*, 38(11), 2036-2048.
 70. YANAGAWA, Y., MIYAZAKI, M., & SAKAMOTO, T. (2010). Relationship between abnormal pupillary reactivity and the outcome of a psychotropic drug overdose. *The American Journal of Emergency Medicine*, 28(6), 703-707. doi:10.1016/j.ajem.2009.03.012
 71. PICKWORTH, W. B., & MURILLO, R. (2007). Pupillometry and Eye Tracking as Predictive Measures of Drug Abuse. En *Pharmacokinetics and Pharmacodynamics of Abused Drugs* (Vol. En Steven V. Karch, pp. 127-142). CRC Press.
 72. RUBIN, L. S., GOTTHEIL, E., ROBERTS, A., ALTERMAN, A. I., & HOLSTINE, J. (1978). Autonomic Nervous System Concomitants of Short-Term Abstinence in Alcoholics; Pupillometric Studies. *Journal of Studies on Alcohol and Drugs*, 39(11), 1895-1907.
 73. CLINE, D., HOFFSTETTER, H.W., GRIFFIN, J.R. *DICTIONARY OF VISUAL SCIENCE*. 3TH ED. RADNOR, PA: CHILTON, 1980.

74. BURG, A. Vision test scores and driving record: Additional findings. 1968, Report no 68-27. Los Angeles: University of California, Department of Engineering. Citado en: Comité on Vision of the National Research Council, Emergent techniques for Assessment of Visual Performance. Washington: National Academy Press, 1985.
75. BURG, A. COPPIN, R.S. Visual acuity and driving record. *Highway Research Record*, 1966; 122: 1- 6.
76. Banks, P.M., Moore, L.A., Liu, C., Wu, B. Dynamic visual acuity: a review. *The South African Optometrist*, 2004; 63, 2: 58-64.
77. PLOU, P. CONFERENCIA "VISIÓN DEPORTIVA", 2000, MADRID, CITADO POR FERNÁNDEZ, A., ROMERO, M.J., RUBIO, F., VIERA, O. Influencia del desarrollo de las habilidades visuales en el rendimiento deportivo en deportistas élites de Raquetball. *Revista Cubana de Oftalmología*. [En línea] 2007, 20 (2). [Consulta: 12-02-2009]. Disponible en: <
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S086421762007000200013&lng=es&nr m=iso>. ISSN 0864-2176.
78. NAKATSUKA, M., UEDA, T., NAWA, Y., YUKAWA, E., HARA, T., HARA, Y. Effect of static visual acuity on dynamic visual acuity: A pilot study. *Perceptual and Motor Skills*, 2006; 103: 160-164
79. MILLER, J.W., LUDVIGH, E. The effect of relative motion on visual acuity. *Survey of Ophthalmology*, 1962; 7: 83-116.
80. BURG, A., HULBERT, S.F. Dynamic visual acuity as related to age, sex and static acuity. *J Appl Psychol*, 1961; 45, 2: 111-116.
81. MILLER, J.W., LUDVIGH, E. The effect of relative motion on visual acuity. *Survey of Ophthalmology*, 1962; 7: 83-116.
82. HULBERT, S.F., BURG, A., KNOLL, H.A., MATHEWSON, J.F. A preliminary study of dynamic visual acuity and its effects in motorist vision. *Journal of the American Optometric Association*, 1958; 10 (55): 747-752.
83. QUEVEDO, LL. Evaluación de la agudeza visual dinámica: Una aplicación al contexto deportivo. Tesis doctoral, UPC, Departament d'Òptica i Optometria EUOOT: Terrassa, 2007. Disponible en: www.tesisenxarxa.net/TDX-0606107-124201/index.html
84. BANKS, P.M., MOORE, L.A., LIU, C., WU, B. Dynamic visual acuity: a review. *The South African Optometrist*, 2004; 63, 2: 58-64.
85. LORAN, D., MACEWEN, C. *Sports Vision*. Oxford: Butterworth & Heinemann, 1995.
86. ROUSE, M.W., DELAND, P., CHRISTIAN, R., HAWLEY, J. A comparison study of dynamic visual acuity between athletes and nonathletes. *J Am Optom Ass*, 1988; 12 (59): 946-950.
87. OZCOIDI, M., VALDÉS, E., SIMÓN, M.L., GONZÁLEZ, J.C. *Patología Médica y Conducción de Vehículos*. Dirección General de Tráfico, 2002.
88. BOWERS, A., PELI, E., ELGIN, J., MCGWIN, JR., OWSLEY, C. On road-driving with moderate visual field loss. *Optom Vis Sci*, 2005; 82, 8: 657-667.
89. RACETTE, L., CASSON, E.J. The impact of visual loss on driving performance: evidence from on- road driving assessments. *Optom Vis Sci*, 2005; 82 (8): 668-674.
90. MENÉNDEZ, J.M. Conducir en blanco y negro. *Tráfico y Seguridad vial*, 2004; 169: 32.
91. MILLER, D. FISIOLÓGIA DE LA ÓPTICA Y LA REFRACCIÓN. EN: KAUFMAN, P.L., ALM, A. *Adler Fisiología del ojo*. Madrid: Elsevier, 2003, p. 161-196.
92. ELKIN, E.H. Target velocity, exposure time and anticipatory tracking time as determinants of dynamic visual acuity. *Journal of Engineering Psychology*, 1962; 1: 26-33.
93. MILLER, J.W. Effect of exposure time upon ability to perceive a moving target. NSAM-573. Naval School of Aviation Medicine. Pensacola, Florida, 1959. Citado en: Committee on Vision of the National Research Council. *Emergent Techniques for Assessment of Visual Performance*. Washington: National Academy Press, 1985.
94. UEDA, T., NAWA, Y., OKAMOTO, M., HARA, Y. Effect of pupil size on dynamic visual acuity. *Perceptual and Motor Skills*, 2007; 104(1): 267-272.
95. UEDA, T., NAWA, Y., YUKAWA, E., TAKETANI, F., HARA, Y. Change in dynamic visual acuity (DVA) by pupil dilation. *Human Factors*, 2006; 48 (4): 651-655.

96. SCHM.L, F., KUNZ, R., ORTMANN, C., STOLL, W., NIESCHALK, M., FECHNER, G. Effect of ethanol on dynamic visual acuity during vertical body oscillation in healthy volunteers. *Eur Arch Otorhinolaryngol*, 2000; 257: 485-489.
97. HONEGGER, H., KAMPSCHULTE, R., KLEIN, H. Alcohol disturbance of visual acuity for moving objects. *Blutakohol*, 1970; 7: 31-44.
98. LADERO QUESADA, JM., LIZASOAIN HERNÁNDEZ, I., Droogodependencias. *Farmacología. Patología. Psicología. Legislación*, 2009; Cap. 25., secc 8.
99. MUÑOZ-QUIRÓS CABALLERO, JM., GINER ALBEROLA, S., *Manual de Medicina y toxicología forense*, 2014: 273-281.
100. MOSKOWITZ H. Driver characteristics and impairment at various BACs. Washington: National Highway Traffic Safety Administration; 2000
101. GARRIOT, JC.: *Medicolegal aspects of alcohol determination of etanol*. En *Pharmacology of alcohol*. Oxford University Press, London, 1993
102. VILLANUEVA, E. 2004. *Manual de Medicina Legal y Toxicología*. Ed. Masson: Barcelona. P. 233.
103. FELL JC & VOAS RB. The effectiveness of reducing illegal blood concentration (BAC) limits for driving: evidence for lowering the limit to 0.5 BAC. *J safety Res* 2006; 37(3): 233-243.
104. MANN RE, MACDONALD S, STODUTO LG, BONDY S, JONAH B, SHAIKH A. The effects of introducing or lowering legal pe se blood alcohol limits for driving. *Accid Anal Prev* 2001; 33 (5): 569-583.
105. DRINKING AND DRIVING IN EUROPE. A EURO CARE REPORT TO THE EUROPEAN Union <http://www.eurocare.org/publications/papers.html>
106. ROSS HL. *Deterring the drinking driver. Legal policy and social control*. Lexington, M.A. Lexington Books, 1982

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS CONSULTADAS

Adams S, Ataya AF, Attwood AS, Munafò MR. Effects of acute alcohol consumption on alcohol-related cognitive biases in light and heavy drinkers are task-dependent. *J Psychopharmacol*. 2012 Feb;26(2):245-53. doi: 10.1177/0269881111405355. Epub 2011 Jun 27. PubMed PMID: 21708838.

Alford C, Hamilton-Morris J, Verster JC. The effects of energy drink in combination with alcohol on performance and subjective awareness. *Psychopharmacology (Berl)*. 2012 Aug;222(3):519-32. doi: 10.1007/s00213-012-2677-1. Epub 2012 Mar 29. PubMed PMID: 22456862; PubMed Central PMCID: PMC3395356.

Andersen P., Baumberg B. 2006. *El alcohol en Europa. Una perspectiva de salud pública*. Reino Unido: Institute of Alcohol Studies. Dettling A., Fischer F., Böhler S., Ulrichs F., Skopp G., Graw M., Haffner H.T. 2007. Ethanol elimination rates in men and women in consideration of the calculated liver weight. *Alcohol*. 41:415-20.

Aston ER, Shannon EE, Liguori A. Anxiety, sedation, and simulated driving in binge drinkers. *Psychol Addict Behav*. 2014 Jun;28(2):359-66. doi: 10.1037/a0036511. PubMed PMID: 24955664; PubMed Central PMCID: PMC4170799.

Boyes WK, Degn LL, Martin SA, Lyke DF, Hamm CW, Herr DW. Neurophysiological assessment of auditory, peripheral nerve, somatosensory, and visual system functions after developmental exposure to ethanol vapors. *Neurotoxicol Teratol*. 2014 May-Jun;43:1-10. doi: 10.1016/j.ntt.2014.02.006. Epub 2014 Mar 6. PubMed PMID: 24607749

Casas, J. 2000. *Manual De Medicina Legal y Forense*. Ed. Colex.

Cui ZJ, Zhao KB, Zhao HJ, Yu DM, Niu YL, Zhang JS, Deng JB. Prenatal alcohol exposure induces long-term changes in dendritic spines and synapses in the mouse visual cortex. *Alcohol Alcohol*. 2010 Jul-Aug;45(4):312-9. doi: 10.1093/alcalc/agg036. Epub 2010 Jun 11. PubMed PMID: 20543181.

Chen B, Xia J, Li G, Zhou Y. The effects of acute alcohol exposure on the response properties of neurons in visual cortex area 17 of cats. *Toxicol Appl Pharmacol*. 2010 Mar 15;243(3):348-58. doi: 10.1016/j.taap.2009.11.027. Epub 2010 Jan 6. PubMed PMID: 20004679.

Cheng SY, Lee HY, Lee JC, Tsai SY. Comparing the effects of light alcohol consumption on human response to auditory and visual stimuli. *Percept Mot Skills*. 2010 Oct;111(2):589-607. PubMed PMID: 21162458.

Chung HY, Chang CT, Young HW, Hu SP, Tzou WS, Hu CH. Ethanol inhibits retinal and CNS differentiation due to failure of cell cycle exit via an apoptosis-independent pathway. *Neurotoxicol Teratol.* 2013 Jul-Aug;38:92-103. doi: 10.1016/j.ntt.2013.05.006. Epub 2013 May 25. PubMed PMID: 23714372.

DePoy L, Daut R, Brigman JL, MacPherson K, Crowley N, Gunduz-Cinar O, Pickens CL, Cinar R, Saksida LM, Kunos G, Lovinger DM, Bussey TJ, Camp MC, Holmes A. Chronic alcohol produces neuroadaptations to prime dorsal striatal learning. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2013 Sep 3;110(36):14783-8. doi: 10.1073/pnas.1308198110. Epub 2013 Aug 19. PubMed PMID: 23959891; PubMed Central PMCID: PMC3767559.

Dueñas A. 2005. *Intoxicaciones agudas en medicina de urgencia y cuidados críticos.* Ed. Masson: Barcelona, España.

Dursun I, Jakubowska-Doğru E, van der List D, Liets LC, Coombs JL, Berman RF. Effects of early postnatal exposure to ethanol on retinal ganglion cell morphology and numbers of neurons in the dorsolateral geniculate in mice. *Alcohol Clin Exp Res.* 2011 Nov;35(11):2063-74. doi: 10.1111/j.1530-0277.2011.01557.x. Epub 2011 Jun 8. PubMed PMID: 21651582; PubMed Central PMCID: PMC3410545.

Epidemiological issues in alcohol related violence. In: Galanter, M. Ed. *Recent Developments in Alcoholism.* Vol. 13. New York. Plenum Press. p.7-40.

Ferrandis D. La reforma del delito de conducción bajo la influencia de bebidas alcohólicas operada por las LO 15/2007, de 30 de noviembre y 5/2010, de 22 de junio. *Revista Española de Drogodependencias* 36;367-374.

Fillmore MT. Processing bimodal stimulus information under alcohol: is there a risk to being redundant? *Exp Clin Psychopharmacol.* 2010 Oct;18(5):429-35. doi: 10.1037/a0020708. PubMed PMID: 20939646.

Freydier C, Berthelon C, Bastien-Toniazzo M, Gineyt G. Divided attention in young drivers under the influence of alcohol. *J Safety Res.* 2014 Jun;49:13-8. doi: 10.1016/j.jsr.2014.02.003. Epub 2014 Apr 24. PubMed PMID: 24913478.

Fujita G, Nishida Y. Effect of a small dose of alcohol on driving-related behavior of Japanese who self-reported facial flush and nonflushing. *Percept Mot Skills.* 2009 Dec;109(3):651-63. PubMed PMID: 20178264.

Goodwin, D.W., "Alcohol Amnesia", *Addiction*, 90: 315-317, 1995

Goodwin, D.W., Crane, J.B., and Guze, S.B., "Alcoholic Blackouts: A Review and Clinical Study of 100 Alcoholics", *American Journal of Psychiatry*, 12*: 191-198, 1969

Guillot CR, Fanning JR, Bullock JS, McCloskey MS, Berman ME. Effects of alcohol on tests of executive functioning in men and women: a dose response examination. *Exp Clin Psychopharmacol.* 2010 Oct;18(5):409-17. doi: 10.1037/a0021053. Erratum in: *Exp Clin Psychopharmacol.* 2011 Aug;19(4):313. PubMed PMID: 20939644; PubMed Central PMCID: PMC3968820.

Gullberg R.G. 2007. Estimating the uncertainty associated with Widmark's equation as commonly applied in forensic toxicology. *Forensic Sci Int.* 172:33-9.

Hafstrom A, Patel M, Modig F, Magnusson M, Fransson PA. Acute alcohol intoxication impairs segmental body alignment in upright standing. *J Vestib Res.* 2014;24(4):297-304. doi: 10.3233/VES-140513. PubMed PMID: 25095774.

J Safety Res. 2014 Jun;49:13-8. doi: 10.1016/j.jsr.2014.02.003. Epub 2014 Apr 24. Divided attention in young drivers under the influence of alcohol. Freydier C(1), Berthelon C(2), Bastien-Toniazzo M(3), Gineyt G(4)

Jelen K, Soumar L, Fanta O. Occurrence of critical driver's behavior as a result of alcohol intoxication. *Neuro Endocrinol Lett.* 2011;32(5):671-5. PubMed PMID: 22167143.

Johnston K, Timney B, Goodale MA. Acute alcohol consumption impairs controlled but not automatic processes in a psychophysical pointing paradigm. *PLoS One.* 2013 Jul 4;8(7):e68682. doi: 10.1371/journal.pone.0068682. Print 2013. PubMed PMID: 23861934; PubMed Central PMCID: PMC3701672.

Johnston K, Timney B. Alcohol and lateral inhibitory interactions in human vision. *Perception.* 2013;42(12):1301-10. PubMed PMID: 24649633.

Kim EC, Kim DJ, Lee SS, Kim MS. Ultrastructural changes of cornea after ethanol ingestion in Otsuka Long-Evans Tokushima fatty (OLETF) and Long-Evans Tokushima Otsuka (LETO) rats. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 2010 Oct;248(10):1457-66. doi: 10.1007/s00417-010-1432-8. Epub 2010 Jun 27. PubMed PMID: 20582705.

Kokubo T, Ikeshima E, Kirisako T, Miura Y, Horiuchi M, Tsuda A. A randomized, double-masked, placebo-controlled crossover trial on the effects of L-ornithine on salivary cortisol and feelings of fatigue of flushers the morning after alcohol consumption. *Biopsychosoc Med.* 2013 Feb 18;7(1):6. doi: 10.1186/1751-0759-7-6. PubMed PMID: 23414576; PubMed Central PMCID: PMC3583691.

Lantz CL, Pulimood NS, Rodrigues-Junior WS, Chen CK, Manhaes AC, Kalatsky VA, Medina AE. Visual defects in a mouse model of fetal alcohol spectrum disorder. *Front Pediatr.* 2014 Oct 9;2:107. doi: 10.3389/fped.2014.00107. eCollection 2014. PubMed PMID: 25346924; PubMed Central PMCID: PMC4191473.

Lantz CL, Wang W, Medina AE. Early alcohol exposure disrupts visual cortex plasticity in mice. *Int J Dev Neurosci*. 2012 Aug;30(5):351-7. doi: 10.1016/j.ijdevneu.2012.05.001. Epub 2012 May 14. PubMed PMID: 22617459; PubMed Central PMCID: PMC3504720.

Lijarcio JI, Mart-Belda A, Bosó P. Tratamiento administrativo y penal del consumo de alcohol y otras drogas en la conducción de vehículos. *Revista Española de Drogodependencias* 36;351-366, 2011.

Marinkovic K, Rosen BQ, Cox B, Kovacevic S. Event-Related Theta Power during Lexical-Semantic Retrieval and Decision Conflict is Modulated by Alcohol Intoxication: Anatomically Constrained MEG. *Front Psychol*. 2012 Apr 24;3:121. doi: 10.3389/fpsyg.2012.00121. eCollection 2012. PubMed PMID: 22536192; PubMed Central PMCID: PMC3334511.

Maurage P, Joassin F, Speth A, Modave J, Philippot P, Campanella S. Cerebral effects of binge drinking: respective influences of global alcohol intake and consumption pattern. *Clin Neurophysiol*. 2012 May;123(5):892-901. doi: 10.1016/j.clinph.2011.09.018. Epub 2011 Nov 4. PubMed PMID: 22055841.

Miller MA, Fillmore MT. Persistence of attentional bias toward alcohol-related stimuli in intoxicated social drinkers. *Drug Alcohol Depend*. 2011 Sep 1;117(2-3):184-9. doi: 10.1016/j.drugalcdep.2011.01.016. Epub 2011 Feb 23. PubMed PMID: 21349660.

Morean ME, de Wit H, King AC, Sofuoglu M, Rueger SY, O'Malley SS. The drug effects questionnaire: psychometric support across three drug types. *Psychopharmacology (Berl)*. 2013 May;227(1):177-92. doi: 10.1007/s00213-012-2954-z. Epub 2012 Dec 28. PubMed PMID: 23271193; PubMed Central PMCID: PMC3624068.

Morris B, Votruba M. Leber's optic neuropathy - visual return on alcohol cessation. *Acta Ophthalmol*. 2012 Nov;90(7):e568. doi: 10.1111/j.1755-3768.2012.02387.x. Epub 2012 Mar 9. PubMed PMID: 22405409.

Nikolaou K, Critchley H, Duka T. Alcohol affects neuronal substrates of response inhibition but not of perceptual processing of stimuli signalling a stop response. *PLoS One*. 2013 Sep 25;8(9):e76649. doi: 10.1371/journal.pone.0076649. eCollection 2013. PubMed PMID: 24086758; PubMed Central PMCID: PMC3783488.

Olthuis JV, Klein RM. On the measurement of the effects of alcohol and illicit substances on inhibition of return. *Psychopharmacology (Berl)*. 2012 Jun;221(4):541-50. doi: 10.1007/s00213-012-2725-x. Epub 2012 May 9. Review. PubMed PMID: 22569816.

Palm HG, Waitz O, Strobel J, Metrikat J, Hay B, Friemert B. Effects of low-dose alcohol consumption on postural control with a particular focus on the role of the visual system. *Motor Control*. 2010 Apr;14(2):265-76. PubMed PMID: 20484774.

Petit G, Kornreich C, Noël X, Verbanck P, Campanella S. Alcohol-related context modulates performance of social drinkers in a visual Go/No-Go task: a preliminary assessment of event-related potentials. *PLoS One*. 2012;7(5):e37466. doi: 10.1371/journal.pone.0037466. Epub 2012 May 17. PubMed PMID: 22616012; PubMed Central PMCID: PMC3355129.

Rainio J., Giorgio F.D., Bortolotti F., Tagliaro F. 2008. Objective post-mortem diagnosis of chronic alcohol abuse - A review of studies on new markers. *Leg Med (Tokyo)*. doi:10.1016/j.legalmed.2008.01.006 Roizen J. 1997.

Roth TN, Weber KP, Wettstein VG, Marks GB, Rosengren SM, Hegemann SC. Ethanol consumption impairs vestibulo-ocular reflex function measured by the video head impulse test and dynamic visual acuity. *J Vestib Res*. 2014;24(4):289-95. doi: 10.3233/VES-140520. PubMed PMID: 25095773.

Santos-Ledo A, Cavodeassi F, Carreño H, Aijón J, Arévalo R. Ethanol alter gene expression and cell organization during optic vesicle evagination. *Neuroscience*. 2013 Oct 10;250:493-506. doi: 10.1016/j.neuroscience.2013.07.036. Epub 2013 Jul 24. PubMed PMID: 23892006; PubMed Central PMCID: PMC3988994.

Scholey AB, Benson S, Neale C, Owen L, Tiplady B. Neurocognitive and mood effects of alcohol in a naturalistic setting. *Hum Psychopharmacol*. 2012 Sep;27(5):514-6. doi: 10.1002/hup.2245. Epub 2012 Jul 30. PubMed PMID: 22847648.

Setnik B, Sokolowska M, Johnson F, Oldenhof J, Romach M. Evaluation of the safety, pharmacodynamic, and pharmacokinetic effects following oral coadministration of immediate-release morphine with ethanol in healthy male participants. *Hum Psychopharmacol*. 2014 May;29(3):251-65. doi: 10.1002/hup.2394. Epub 2014 Mar 13. PubMed PMID: 24911576.

Simmons RW, Nguyen TT, Levy SS, Thomas JD, Mattson SN, Riley EP. Children with heavy prenatal alcohol exposure exhibit deficits when regulating isometric force. *Alcohol Clin Exp Res*. 2012 Feb;36(2):302-9. doi: 10.1111/j.1530-0277.2011.01625.x. Epub 2011 Oct 20. PubMed PMID: 22014260; PubMed Central PMCID: PMC3578740.

Spagnoli F, Cerini R, Cardobi N, Barillari M, Manganotti P, Storti S, Mucelli RP. Brain modifications after acute alcohol consumption analyzed by resting state fMRI. *Magn Reson Imaging*. 2013 Oct;31(8):1325-30. doi: 10.1016/j.mri.2013.04.007. Epub 2013 May 14. PubMed PMID: 23680187.

Te Beek ET, Tatosian D, Majumdar A, Selverian D, Klaassen ES, Petty KJ, Gargano C, van Dyck K, McCrea J, Murphy G, van Gerven JM. Placebo- and amitriptyline-controlled evaluation of central nervous system effects of the NK1

receptor antagonist aprepitant and intravenous alcohol infusion at pseudo-steady state. *J Clin Pharmacol*. 2013 Aug;53(8):846-56. doi: 10.1002/jcph.120. Epub 2013 Jun 18. PubMed PMID: 23775877.

Ulbrich A, Hemberger SH, Loidl A, Dufek S, Pablik E, Fodor S, Herle M, Aufricht C. Effects of alcohol mixed with energy drink and alcohol alone on subjective intoxication. *Amino Acids*. 2013 Dec;45(6):1385-93. doi: 1007/s00726-013-1603-0. Epub 2013 Nov 1. PubMed PMID: 24178765; PubMed Central PMCID: PMC3837191.

Vorstius C, Radach R, Lang AR. Effects of acute alcohol intoxication on automated processing: evidence from the double-step paradigm. *J Psychopharmacol*. 2012 Feb;26(2):262-72. doi: 10.1177/0269881111400645. Epub 2011 May 9. PubMed PMID: 21555333.

Weafer J, Fillmore MT. Acute alcohol effects on attentional bias in heavy and moderate drinkers. *Psychol Addict Behav*. 2013 Mar;27(1):32-41. doi: 10.1037/a0028991. Epub 2012 Jun 25. PubMed PMID: 22732051; PubMed Central PMCID: PMC3460038.

Weber A, Remky A, Bienert M, der Velden KH, Kirschkamp T, Rennings C, Roessler G, Plange N. Retrobulbar blood flow and visual field alterations after acute ethanol ingestion. *Clin Ophthalmol*. 2013;7:1641-6. doi: 10.2147/OPTH.S45304. Epub 2013 Aug 19. PubMed PMID: 23990703; PubMed Central PMCID: PMC3753147.

Weschke S, Niedeggen M. Differential effects of moderate alcohol consumption on motion and contrast processing. *Psychophysiology*. 2012 Jun;49(6):833-41. doi: 10.1111/j.1469-8986.2012.01356.x. Epub 2012 Feb 14. PubMed PMID: 22332779.

Widmark E.M.P. 1981. *Principles and Applications of Medicolegal Alcohol Determination*, Biomedical Publications, Davis, CA.

Wigmore on Alcohol: Courtroom Alcohol Toxicology for the Medicolegal Professional, Chapter 6.03 Blackouts and Memory, 268-274, Irwin Law (Publisher), 201

Wilczyński M, Wilczyńska O. Severe acute bilateral alcohol-induced toxic optic neuropathy--case report. *Klin Oczna*. 2012;114(3):208-12. PubMed PMID: 23373403.

Wright MJ Jr, Taffe MA. Chronic periadolescent alcohol consumption produces persistent cognitive deficits in rhesus macaques. *Neuropharmacology*. 2014 Nov;86:78-87. doi: 10.1016/j.neuropharm.2014.07.003. Epub 2014 Jul 10. PubMed PMID: 25018042; PubMed Central PMCID: PMC4188799.

Xi Y, Zhang JS, Zang JF, Wen SG, Deng JB. [Stereological study on the synapse loss in visual cortex of mouse after prenatal alcohol exposure]. *Yao Xue Xue Bao*. 2010 Jun;45(6):705-10. Chinese. PubMed PMID: 20939177.

VIII. ANEXOS

			máxima 100 km/hora.	
	No se admite la cirugía refractiva (distinta de afaquia).	No se admite la cirugía refractiva (distinta de afaquia).	Tras un mes de efectuada cirugía refractiva, aportando informe de la intervención, se podrá obtener o prorrogar el permiso o licencia, con período de vigencia máximo de un año. Transcurrido un año desde la fecha de la intervención, y teniendo en cuenta el defecto de refracción prequirúrgico, la refracción actual y la posible existencia de efectos secundarios no deseados, a criterio oftalmológico se fijará el período de vigencia posterior.	En caso de cirugía refractiva, y transcurridos tres meses desde la intervención, aportando informe de la intervención, se podrá obtener o prorrogar el permiso con período de vigencia máximo de un año. Transcurrido un año desde la fecha de la intervención, y teniendo en cuenta el defecto de refracción prequirúrgico, la refracción actual y la posible existencia de efectos secundarios no deseados, a criterio oftalmológico se fijará el período de vigencia posterior.
1.2 Campo visual.	Si la visión es binocular, el campo binocular ha de ser normal. En el examen binocular, el campo visual central no ha de presentar escotomas absolutos en puntos correspondientes de ambos ojos ni escotomas relativos significativos en la sensibilidad retiniana.	Se debe poseer un campo visual binocular normal. Tras la exploración de cada uno de los campos monoculares, estos no han de presentar reducciones significativas en ninguno de sus meridianos. En el examen monocular, no se admite la presencia de escotomas absolutos ni escotomas relativos significativos en la sensibilidad retiniana.	No se admiten.	
	Si la visión es monocular, el campo visual monocular debe ser normal. El campo visual central no ha de presentar escotomas absolutos ni escotomas relativos significativos en la sensibilidad retiniana.	No se admite visión monocular.	No se admiten.	No se admiten.
1.3 Afaquias y pseudofaquias.	No se admiten las monolaterales ni las bilaterales.	Ídem grupo 1.	Trascurrido un mes de establecidas, si se alcanzan los valores determinados en los apartados 1.1 y 1.2 correspondientes al grupo 1, el período de vigencia del permiso o licencia será, como máximo, de tres años,	Trascurridos dos meses de establecidas, si se alcanzan los valores determinados en los apartados 1.1 y 1.2 correspondientes al grupo 2, el período de vigencia del permiso será, como máximo,

			según criterio médico.	de tres años, según criterio médico.
1.4 Sentido luminoso.	No deben existir alteraciones significativas en la capacidad de recuperación al deslumbramiento ni alteraciones de la visión mesópica.	Ídem grupo 1.	En el caso de padecer alteraciones de la visión mesópica o del deslumbramiento, se deberán establecer las restricciones y limitaciones que, a criterio oftalmológico sean precisas para garantizar la seguridad en la conducción. En todo caso se deben descartar patologías oftalmológicas que originen alteraciones incluidas en alguno de los restantes apartados sobre capacidad visual.	No se admiten.
1.5 Motilidad palpebral.	No se admiten ptosis ni lagofthalmias que afecten a la visión en los límites y condiciones señaladas en los apartados 1.1 y 1.2 correspondientes al grupo 1.	No se admiten ptosis ni lagofthalmias que afecten a la visión en los límites y condiciones señaladas en los apartados 1.1 y 1.2 correspondientes a grupo 2.	No se admiten.	No se admiten.
1.6 Motilidad del globo ocular.	Las diplopías impiden la obtención o prórroga.	Ídem grupo 1.	Sólo se permitirán de forma excepcional y a criterio facultativo las formas congénitas o infantiles, siempre que no se manifiesten en los 20 grados centrales del campo visual y no produzcan ninguna otra sintomatología, en especial fatiga visual. En caso de permitirse la obtención o prórroga del permiso o licencia, el periodo de vigencia máximo será de tres años. Cuando la diplopía se elimine mediante la oclusión de un ojo se aplicarán las restricciones propias de la visión monocular.	No se admiten.
	El nistagmus impide la obtención o prórroga cuando no permita alcanzar los niveles de capacidad visual indicadas en los apartados 1.1 a 1.7 del grupo 1, ambos inclusive, cuando sea manifestación de alguna enfermedad de las incluidas en el	El nistagmus impide la obtención o prórroga cuando no permita alcanzar los niveles de capacidad visual indicadas en los apartados 1.1 a 1.7 del grupo 1, ambos inclusive, cuando sea manifestación de alguna enfermedad	No se admiten.	No se admiten.

	presente anexo o cuando, a criterio facultativo, origine o pueda originar fatiga visual durante la conducción.	de las incluidas en el presente anexo o cuando, a criterio facultativo, origine o pueda originar fatiga visual durante la conducción.		
	No se admiten otros defectos de la visión binocular ni estrabismos que impidan alcanzar los niveles fijados en los apartados 1.1 a 1.7 del grupo 1, ambos inclusive. Cuando no impidan alcanzar los niveles de capacidad visual indicados en los apartados 1.1 a 1.7 del grupo 1, ambos inclusive, el oftalmólogo deberá valorar, principalmente, sus consecuencias sobre la fatiga visual, los defectos refractivos, el campo visual, el grado de estereopsis, la presencia de forias y de tortícolis y la aparición de diplopía, así como la probable evolución del proceso, fijando en consecuencia el período de vigencia.	No se admiten otros defectos de la visión binocular ni los estrabismos.	Cuando los estrabismos u otros defectos de la visión binocular no impidan alcanzar los niveles de capacidad visual indicados en los apartados 1.1 a 1.7 del grupo 1, ambos inclusive, y, debido a su repercusión sobre parámetros como la fatiga visual, los defectos refractivos, el campo visual, el grado de estereopsis, la presencia de forias y de tortícolis, la aparición de diplopía o por la probable evolución del proceso, los reconocimientos periódicos a realizar fueran por período inferior al de vigencia normal del permiso o licencia, este se fijará según el criterio del oftalmólogo.	Cuando los estrabismos u otros defectos de la visión binocular no impidan alcanzar los niveles de capacidad visual indicados en los apartados 1.1 a 1.7 del grupo 2, ambos inclusive, el oftalmólogo deberá valorar sus consecuencias sobre parámetros como la fatiga visual, los defectos refractivos, el campo visual, el grado de estereopsis, la presencia de forias y de tortícolis, la aparición de diplopía y la probable evolución del proceso, fijando en consecuencia el período de vigencia, que será en todo caso como máximo de tres años.
1.7 Deterioro progresivo de la capacidad visual.	Las enfermedades progresivas que no permitan alcanzar los niveles fijados en los apartados 1.1 a 1.6 anteriores, ambos inclusive, impiden la obtención o prórroga.	Las enfermedades y los trastornos progresivos de la capacidad visual impiden la obtención o prórroga.	Cuando no impidan alcanzar los niveles fijados en los apartados 1.1 al 1.6. y los reconocimientos periódicos a realizar fueran por período inferior al de vigencia normal del permiso o licencia, el período de vigencia se fijará según criterio médico.	No se admiten.
	Cuando, aun alcanzando los niveles fijados en los apartados 1.1 al 1.6 anteriores, ambos inclusive, la presión intraocular se encuentre por encima de los límites normales, se deberán analizar posibles factores de riesgo asociados y se establecerá un control periódico a criterio oftalmológico.	Ídem grupo 1.	Cuando los reconocimientos periódicos a realizar fueran por período inferior al de vigencia normal del permiso o licencia, el período de vigencia se fijará según criterio médico.	Cuando los reconocimientos periódicos a realizar fueran por período inferior al de vigencia normal del permiso o licencia, el período de vigencia se fijará según criterio médico.

A.2 SISTEMA VISUAL, ALCOHOL Y SINIESTRALIDAD

(CAPÍTULO 2.4) (TABLA 105) [32],[33],[34]

ESTADO ^{32,33,34}		ALCOHOLEMIA (g/L)
SOBRIEDAD	<ul style="list-style-type: none"> - No se detectan aparentemente alteraciones. - Comportamiento dentro de lo normal a la simple observación. - Pequeños cambios comportamentales detectables por test especiales. 	0.10 – 0.50
EUFORIA	<ul style="list-style-type: none"> - Leve - Aumento de la sociabilidad. - Locuacidad. - Incremento de la confianza en sí mismo. - Disminución de las inhibiciones. - Disminución de la atención, juicio y control. - Atención de la eficacia de la resolución de tareas manuales delicadas. 	0.30 – 1.20
EXCITACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> - Inestabilidad emocional. - Disminución de las inhibiciones. - Alteración de la capacidad de juicio. - Deterioro de la memoria y comprensión. - Disminución de la respuesta a estímulos sensoriales. - Incremento del tipo de reacción. - Incoordinación muscular. 	0.90 – 2.25
CONFUSIÓN	<ul style="list-style-type: none"> - Desorientación. - Confusión mental, vértigos. - Estados emocionales exagerados (temor, enfado, tristeza,...). - Perturbación de las sensaciones (diplopia), de las percepciones: color, forma, dimensiones, movimiento. - Disminución de la sensación del dolor. - Alteraciones del equilibrio. - Incoordinación motora. - Marcha tambaleante. - Lenguaje mal articulado (farfullante). 	1.80 – 3.00
ESTUPOR	<ul style="list-style-type: none"> - Apatía. - Inercia próxima a la parálisis. - Marcada disminución de la respuesta a los estímulos. - Incoordinación muscular con incapacidad para andar y permanecer en pie de forma estable. - Vómitos, incontinencia de orina y heces. - Deterioro de la conciencia, sueño, estupor. 	2.70 – 4.00
COMA	<ul style="list-style-type: none"> - Depresión o abolición de los reflejos, inconsciencia, coma, anestesia. - Temperatura por debajo de la normal. - Incontinencia de heces y orina. - Trastornos en la circulación y respiración. Posible muerte. 	3.5 – 5.00
MUERTE	<ul style="list-style-type: none"> - Muerte por parálisis respiratoria. 	> 4.50

ANEXO B MATERIAL Y MÉTODO

B.1.1. FICHA DE VARIABLES PARA LA REALIZACIÓN DEL ESTUDIO 1 (Capítulo 3.1.1.a.1) (TABLA 17)

FICHA DE VARIABLES PARA LA REALIZACIÓN ESTUDIO 1 (N=121)

Nº reg. _____

NOMBRE Y APELLIDOS _____

EDAD _____ PROFESIÓN _____

SEXO _____

TAREA VCM: FALLOS _____ ACIERTOS _____

TIEMPO DE REALIZACIÓN _____

TAREA VCM + LAC:

FALLOS (VCM) _____ ACIERTOS (VCM) _____

TIEMPO DE REALIZACIÓN _____

FALLOS (LAC) _____ ACIERTOS (LAC) _____

TIEMPO DE REALIZACIÓN _____

DIFERENCIA DE FALLOS VISUALES _____

DIFERENCIA DE TIEMPOS ENTRE VCM Y VCM+LAC _____

POSICIÓN DE LOS OJOS _____

B.1.2. FICHA DE VARIABLES PARA LA REALIZACIÓN DEL ESTUDIO 2
(Capítulo 3.1.1.b.1) (TABLA 18)

FICHA DE VARIABLES PARA LA REALIZACIÓN ESTUDIO 2
(N= 20)

Nº reg. _____

NOMBRE Y APELLIDOS _____

EDAD _____ PROFESIÓN _____

SEXO _____ PESO _____

AV : OD _____ OI _____ AO _____

REACCIÓN PUPILAR

PUPILAS _____

AV CON ALCOHOL : OD _____ OI _____ AO _____

REACCIÓN PUPILAR CON ALCOHOL

PUPILAS CON ALCOHOL _____

TAREA VCM: FALLOS _____ ACIERTOS _____
 TIEMPO DE REALIZACIÓN _____

TAREA VCM + LAC:
 FALLOS (VCM) _____ ACIERTOS (VCM) _____
 TIEMPO DE REALIZACIÓN _____
 FALLOS (LAC) _____ ACIERTOS (LAC) _____

B.1.3. FICHA DE VARIABLES PARA LA REALIZACIÓN DEL ESTUDIO 3
(Capítulo 3.1.1.c.1) (TABLA 19)

FICHA DE VARIABLES PARA LA REALIZACIÓN ESTUDIO 3
(N= 123)

Nº reg. _____ NACIONALIDAD _____

NOMBRE Y APELLIDOS _____

EDAD _____ PROFESIÓN _____

SEXO _____ PESO _____ TALLA _____

AMETROPÍA SÍ ☐ NO ☐ _____

INDICE MASA CORPORAL _____

BEBEDOR HABITUAL: SÍ ☐ NO ☐

CANTIDAD _____

OBSERVACIONES _____

RESULTADOS SIN INGESTA DE ALCOHOL ETILICO

ALCOHOLÍMETRO: _____ mg/L aire espirado. _____ mg/L aire espirado

AVL OD _____ OI _____ AO _____

AVc OD _____ OI _____ AO _____

DIP _____ OD _____ OI _____

REACCIÓN PUPILAR	PUPILAS

SE PONE CINTURÓN DE SUGURIDAD SÍ ☐ NO ☐

SIMULADOR: (Fotópica ☐ Escotópica ☐)

TIEMPO DE REALIZACIÓN		
VELOCIDAD		
DISTANCIA DE PARADA		
DISTANCIA DE REACCIÓN		
DISTANCIA DE FRENADO		

ESCENARIO ☐

ESCENARIO ☐

345

Ángeles Nuria Guisández Jiménez

B.1.4. CONSENTIMIENTO INFORMADO (ESTUDIO 3; N=123)
(Capítulo 3.1.1.c.4)



LABORATORIO DE TOXICOLOGÍA

NOTA INFORMATIVA

Las pruebas a realizar son:

- **No invasivas**, no molestas, no requieren preparación previa.
- Tienen una duración aproximadamente de **30 minutos**.
- Consisten en una valoración de la agudeza visual, reacción pupilar y realización de prueba con un simulador de la conducción de vehículos a motor (antes y después de la toma de una pequeña dosis de alcohol etílico, en función del peso, talla y sexo) para un posterior **Análisis Visual, Cognitivo y Biomecánico** (extracción de parámetros específicos detectores de efectos del alcohol etílico en el sistema visual y la conducción de vehículos a motor).

CONSENTIMIENTO INFORMADO

- El laboratorio de Toxicología de la Facultad de Medicina de la Universidad Complutense de Madrid, ha puesto en marcha un proyecto de investigación sobre los efectos del alcohol etílico en la conducción de vehículos a motor en concentraciones permitidas, dentro de la normativa vigente.
- Como actividad se realizará una grabación y el análisis de la misma, dentro de las actividades realizadas y soportadas por el Proyecto de Investigación-Tesis Doctoral, financiado por ATRESMEDIA y el Departamento de Toxicología y Legislación Sanitaria de la Facultad de Medicina. Universidad Complutense de Madrid, y su carácter es el de un estudio científico sobre la afectación del alcohol etílico en el sistema visual y la reacción conductual con vehículos a motor, en la población general, dentro de la normativa vigente.
- Vd. puede hacer preguntas sobre el proceso de evaluación siempre que lo desee en cualquier momento del estudio.
- Vd. ha tenido en alguna ocasión contacto con el alcohol etílico por pequeño que sea.
- Vd. puede cancelar el proceso de grabación cuando lo desee sin necesidad de explicar las causas de la cancelación, en cuyo caso los datos incluidos y los registros de voz capturados hasta el momento serán automáticamente eliminados.
- Respecto a la grabación:
- La grabación es una donación de carácter voluntario y altruista para el avance del conocimiento científico, y su realización o denegación no tiene ninguna repercusión personal positiva o negativa hacia el donante.
- Los datos obtenidos del análisis visual del donante serán incorporados en formato *wav. a un fichero informático que llevará como parte de su nombre la inscripción "ALCOHOL_AV_CONDUCCIÓN" que se halla custodiado en el Departamento de Toxicología y Legislación Sanitaria de la Facultad de Medicina de la Universidad Complutense de Madrid.
- La custodia de estos datos y la responsabilidad se realizará según lo establecido por la legislación vigente.
- La finalidad de la recogida de estos datos es el estudio de las características y efectos del alcohol etílico en el sistema visual y la conducción de vehículos a motor.
- El interesado podrá ejercitar los derechos previstos en el artículo 5 de la Ley Orgánica 15/99 sobre la Protección de Datos de Carácter Personal, desarrollada en el Reglamento aprobado por el Real Decreto 1720/2007, enviando un escrito en tal sentido, acompañado de copia de su DNI , a la dirección anteriormente citada, o en su caso, remitiendo los mismos al Fax 91.394.16.06, o por correo electrónico a baselga@ucm.es.

IMPORTANTE: Según lo previsto en la vigente legislación sobre protección de datos de carácter personal, el firmante podrá ejercer los derechos de rectificación o cancelación previstos en la misma en la dirección de correo electrónico y fax que se indican más arriba.

Si Vd. accede a firmar este documento de Consentimiento Informado quiere decir que:

- Lo leyó, o alguien se lo leyó.
- Se le ha aportado toda la información necesaria.
- Ha podido realizar las preguntas que le parecieron oportunas y se le respondieron satisfactoriamente.
- Desea donar sus resultados para que forme parte del estudio.

Si Vd. no desea que sus datos sean utilizados en el estudio, no firme el documento.

Yo.....
..... mayor de edad y con DNI..... en base a todo lo anterior doy mi consentimiento para el estudio de los efectos del alcohol étílico sobre la visión y la conducción de vehículos a motor. Pudiendo revocar el mismo en cualquier momento.

Firma del participante del estudio _____

Fecha _____

Firma del investigador _____

Fecha _____

Yo, D./ Dña. _____

Revoco en este momento el consentimiento para realizar el estudio.

Fecha: _____

B.1.5. CERTIFICADO DEL COMITÉ ÉTICO DE INVESTIGACIÓN CLÍNICA (ESTUDIO 3. N=123) (Capítulo 3.1.1.c.5)



Informe Dictamen Protocolo Favorable

C.P. - C.I. 12/200-E

21 de noviembre de 2013

CEIC Hospital Clínico San Carlos

Dra. Mar García Arenillas
Secretaria del CEIC Hospital Clínico San Carlos

CERTIFICA

Que el CEIC Hospital Clínico San Carlos en su reunión del día 20/11/2013, acta 11.2/13 y una vez resueltas las aclaraciones solicitadas, ha evaluado la propuesta del promotor/investigador referida al estudio:

Título: *"Efectos del alcohol etílico en la conducción de vehículos a motor, dentro de la normativa vigente, con especial referencia al sistema visual"*

Financiación: *Instituto de Ingeniería de Aragón y el Observatorio de la Dirección General de Tráfico*

Que en este estudio:

- Se cumplen los requisitos necesarios de idoneidad del protocolo en relación con los objetivos del estudio y están justificados los riesgos y molestias previsibles para el sujeto.
- Es adecuado el procedimiento para obtener el consentimiento informado.
- La capacidad del investigador y los medios disponibles son adecuados para llevar a cabo el estudio.
- El alcance de las compensaciones económicas previstas no interfiere con el respeto de los postulados éticos.
- Se cumplen los preceptos éticos formulados en la Declaración de Helsinki de la Asociación Médica mundial sobre principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos y en sus posteriores revisiones, así como aquellos exigidos por la normativa legal aplicable en función de las características del estudio.

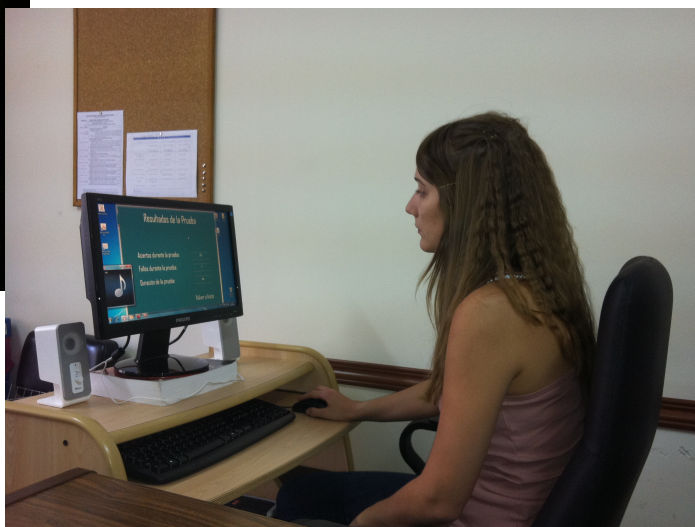
Es por ello que el Comité **informa favorablemente** sobre la realización de dicho proyecto por **Dña Nuria Guisández Jiménez** como investigadora principal en el Departamento de Toxicología y Legislación Sanitaria. Facultad de Medicina de la Universidad Complutense de Madrid.

Lo que firmo en Madrid, a 21 de noviembre de 2013

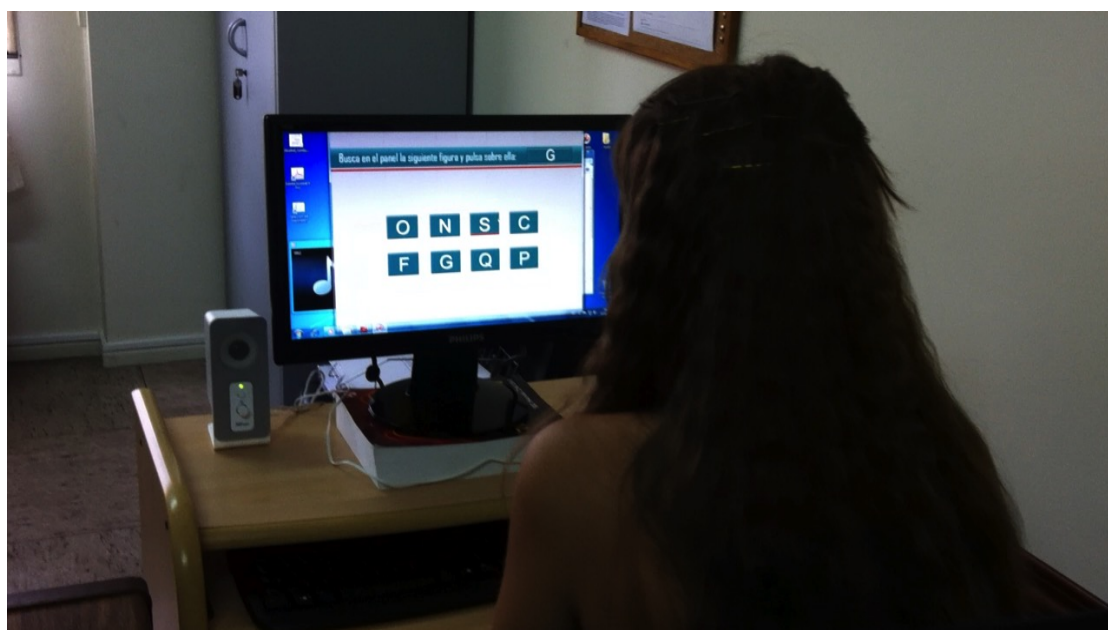
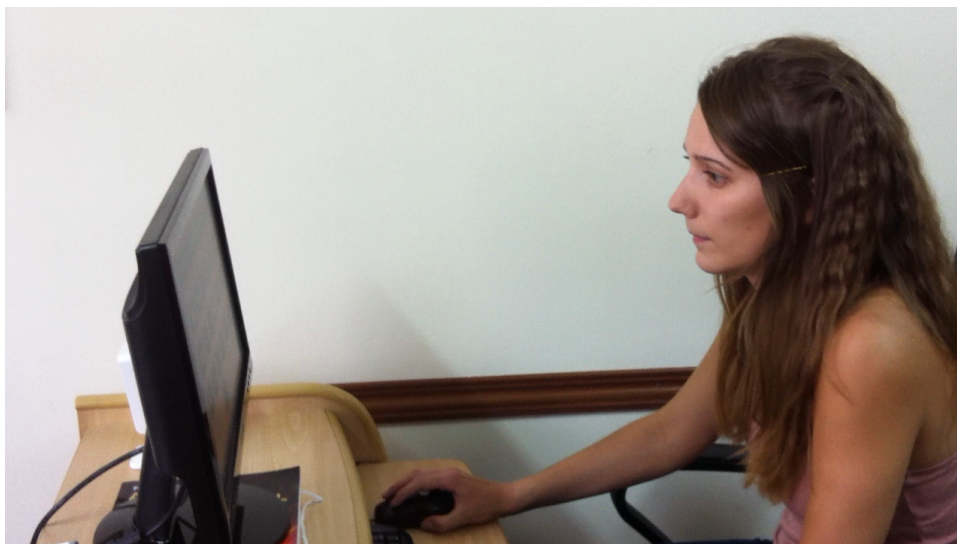
Dra. Mar García Arenillas
Secretaria del CEIC Hospital Clínico San Carlos

B.2.1. METODOLOGÍA EMPLEADA (Capítulo 4.2.2)

METODOLOGÍA EMPLEADA I (Fotografías: 56, 57, 58 y 59)



METODOLOGÍA EMPLEADA II (Fotografías 60 y 61)



ANEXO C _____ DISCUSIÓN

C.1.1. RECOMENDACIÓN DE LA COMISIÓN de 17 de enero de 2001 sobre la tasa máxima de alcoholemia permitida para los conductores de vehículos a motor (Capítulo 5.3) (Estudio 3 N=123)[44]